Techn.
2103
d

Techn. 2103 d
103

A. c. 19.

<36602742710015

<36602742710015

Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

Kritik: Milit. Ztg. Allgem. 1836 (vide V. a.)

Digitized by Google

Die Feuerwerkerei

in

ihrer Anwendung

auf

Kunst, Wissenschaft und Gewerbe.

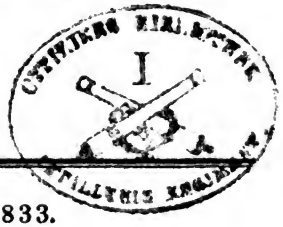
Nach neuen Versuchen

bearbeitet

von

Dr. *Moritz Meyer*,

Königl. Preuss. Hauptmann beim Kriegs-Ministerio.



Leipzig, 1833.

Verlag von Johann Ambrosius Barth.

Digitized by Google

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Die Feuerwerkerei, in so weit sie nicht unmittelbar zur Militärtechnik gehört, ist fast der am meisten hinter den Wissenschaften zurückgebliebene technische Zweig, und da sie in der neuesten Zeit nicht mehr vermochte als vor Jahrhunderten, da ihre Leistungen in ihrem Einerlei ermüdeten, und sie nicht wie andere Künste beständig neue Erscheinungen bot, wurde sie mehr und mehr vergessen, um so mehr da ein Kultiviren derselben sich kostbar, mühsam und meistens undankbar zeigte. Sie ist nie über eine enge Sphäre hinausgekommen, und doch könnte sie schon in dieser, als die sogenannte Lustfeuerwerkerei, unendlich viel leisten. — Wir haben in Deutschland, selbst in Wien, wo doch noch zuweilen die Feuerwerke des Praters die schaulustige Menge anziehen, kaum einen Begriff von dem, was diese Kunst vermag, und nur die Abende im Vauxhall in London und die grossen Feuerwerke in Rom an dem Oster- und Petri-Paulstage mit ihrer Girandola, vermögen einen entfernten Abglanz von dem zu geben, was die Feuerwerkerei unter Ludwig XIV. und XV. in Frankreich leistete. — Aber schon diese Reste der alten Herrlichkeit zeigen hinreichend, was mit dieser eigentlich zauberischen Kunst, die ihre Gebilde hoch in die Wolken emporschleudert, und aus den sprudelnden Wellen hervorhebt, die ihre bunten Bilder blitzähnlich aus dem Dunkel der Nacht aufleuchten und wieder eben so darin verschwinden lässt — was alles mit ihr verloren gegangen. — Wer es gesehen wie sich die alte Engelsburg in diesen Feuerschmuck hüllt, wer die Strahlenkrone von 10000 Raketen über des Engels Haupt hinaufrauschen sah, der wird eingestehn, dass keine Kunst einen so gewaltigen ja magischen Eindruck hervorzubringen im Stande sei, als eben die Feuerwerkerei.

Digitized by Google

Die bunten Flammen, von denen nur wenige bisher mit einiger Intensität darzustellen waren, sind zur Beleuchtung von Scenen, ja von Statuen und Gemälden von einem unvergleichlichen Effekte. Eine Schneelandschaft mit einem strahlenden blauweissen Lichte gleich dem des Mondes beleuchtet, eine italienische Landschaft bei untergehender Sonne, von einer rosenrothen Flamme beschienen, ein Seesturm worauf ein gelbes Licht fällt, ein Wasserschloss der Seejungfern mit grüner Beleuchtung — und zwar Alles diess in dem Strahlenkranze, den nur die Feuerwerkerei ihren Flammen zu geben vermag, — das sind die künstlerischen Wirkungen die man erblickt haben muss, um für den Effekt der Kunst eine neue Welt aufgehen zu sehen.

Die einförmigen Schlussscenen unsrer Prachtopern halten den ermüdeten Zuhörer oft nur noch durch die bengalische Flamme, oder das rothe Licht des Strontians, das zuletzt die Gruppirung verherrlicht. Um wie viel reichhaltiger wird sich diese Wirkung mit acht bis neun verschiedenen Farben von nahe gleicher Schönheit und Lichtstärke, die eine vorgeschrittene Feuerwerkerei bietet, hervorrufen lassen!

Aber auch für die Wissenschaft, namentlich für den optischen Theil, für die Signalisirung, ja für die Gewerbe in Bezug auf Darstellung von treibenden Kräften, oder in Gewinnung höherer Temperaturen, kann das Princip der Feuerwerkerei, wie wir es entwickeln werden, von der höchsten Wichtigkeit sein, und es scheint an der Zeit die Blicke auch darauf zu richten.

Der Zweck dieser Schrift ist somit: Behandlung der Feuerwerkerei nach dem Standpunkte des heutigen Wissens, Darlegung der Vortheile die sie bieten kann, Feststellung der einfachsten Methoden ihre verschiedenen Zwecke zu erreichen, und endlich Aufmunterung für den Dilettanten, Techniker, Künstler und Gelehrten, diesem bisher mit Unrecht vergessenen Zweige des Wissens und Könnens für die Zukunft eine freundlichere Berücksichtigung angedeihen zu lassen.

Dass bisher sich Wenige mit der Feuerwerkerei beschäftigten, liegt hauptsächlich an der mühseligen, oft unrein-

Digitized by Google

lichen Arbeit, der sie sich unterziehen mussten, dem häufigen Misslingen eines kost- und zeitspieligen Versuchs nach einer als sicher gegebenen Vorschrift, der grossen Gefahr beim Schlagen der Sätze, ferner an der Abhängigkeit des Gelingens von der Witterung, und an noch gar vielen andern Uebelständen. Sie alle lassen sich, so weit ist die Technik jetzt gediehen, fast ganz entfernen, und diese Beschäftigung wird dann nicht unangenehmer als die mit der Drehbank, die doch so viele Freunde findet.

Wir hoffen daher, dass durch die Vereinfachung der Arbeiten und durch die Sicherstellung der Resultate zuvörderst der künstlerische Theil der Feuerwerkerei bei Dilettanten wieder mehr in Aufnahme kommen werde. Die ernsteren Anwendungen werden dann sicher nicht zurückbleiben.

In der Darstellung der Theorieen haben wir auf den weniger wissenschaftlich gebildeten Leser gerechnet. Der Chemiker vom Fach wird die stöchiometrische Grundlage, die sich in diesem Zweige so auffallend bewährt, leicht heraus erkennen.

Die Feuerwerkerei ist bisher so sehr unwissenschaftlich behandelt worden, dass es sogar schwer fällt, nur irgend eine Definition des Begriffs, der mit diesem Worte bezeichnet werden soll, zu geben.

Da es uns desshalb frei steht eine solche Definition zu schaffen, so wollen wir weitere Grenzen ziehen als man ihr bisher stillschweigend einräumte. Um hierbei aber den der Naturwissenschaft weniger Kundigen verständlich zu bleiben, bedarf es eines weiteren Zurückgehens.

Es giebt einige feste Körper, namentlich den Schwefel und die Kohle, die bei erhöhten Wärmegraden sich mit einem Bestandtheil der uns umgebenden atmosphärischen Luft verbinden, und in dieser Verbindung selbst Luftform annehmen. Bei dieser Verbindung entwickelt sich noch mehr Wärme und entsteht ein Leuchten. Man nennt diess im gemeinen Leben das *Verbrennen* dieser Körper.

Der Bestandtheil der Luft mit dem sie sich verbinden,

Digitized by Google

das *Sauerstoffgas*, ist in dieser nur in einer geringen Menge vorhanden; es ist daher leicht einzusehen, dass wir im Stande sein müssen, weit heftigere Verbrennungen von Schwefel und Kohle als die gewöhnlichen hervorzubringen, wenn es uns gelingt, sie in eine Umgebung von reinem Sauerstoffgase zu bringen. Die grössere Heftigkeit der Verbrennung wird sich hierbei nicht darin aussprechen, dass *mehr* Luft, oder *mehr* Wärme gebildet würde als vorher, sondern nur darin, dass die Luft- und Wärmeentstehung sehr viel rascher geht, daher viel kräftiger in seiner treibenden und heizenden, und somit auch in seiner leuchtenden Wirkung wird.

Reines Sauerstoffgas ist in der Natur nicht vorhanden; wir können es aber darstellen, indem wir einige Substanzen, namentlich stickstoffsaures Kali (*Salpeter*) und chlorsaures Kali (*Chlorkali* wie wir es hier nennen wollen), die es in grösserer Menge enthalten, glühen. Mengen wir diese letztern Substanzen mit jenen ersteren zusammen und erhitzen wir sie zugleich, so werden die einen Sauerstoffgas bilden, das die atmosphärische Luft aus der Umgebung verdrängen wird, und die andern Substanzen werden nun, im fast reinen Sauerstoffgase erhitzt, jenen höhern Grad von Verbrennung geben.

Man kann diese Wirkung auch auf *die* Weise hervorbringen, dass man die sauerstoffliefernden Substanzen für sich glüht; das sich entwickelnde Gas in Gefässen auffängt, und in diese nun die zu verbrennenden Substanzen einbringt und sie darin erhitzt. Allein diese Procedur ist sichtlich künstlicher und steht für die Anwendung der obigen nach.

Nach dieser Vorausschickung wird die Feststellung unsers Begriffes von Feuerwerkerei leicht; denn wir verstehen darunter: *die technische Anwendung einer Verbrennung einiger Substanzen im reinen Sauerstoffgase, bewirkt durch das gemeinschaftliche Erhitzen dieser Substanzen mit solchen, die durch Glühen Sauerstoff entwickeln.*

Bei jeder Wirkung der Feuerwerkerei sind daher immer mindestens zwei Substanzen nöthig; eine, die durch Glühen

Digitized by Google

Sauerstoffgas entwickelt, und eine andre die unter Feuer-Erscheinung und Wirkung damit Gas bildet, und daher nicht wie gewöhnlich auf Kosten der Atmosphäre *langsam*, sondern durch Aufnahme des eigens dazu dargestellten Sauerstoffgases *sehr rasch* und *kräftig* diese Veränderung eingeht.

Der sauerstofflieferuden Substanzen giebt es für die technische Anwendung nur die zwei oben genannten, Salpeter und Chlorkali. Sie geben vielen Sauerstoff und lassen ihn leicht frei, worauf es hier ankommt. Sie bestehen aber nicht allein aus Sauerstoff; entlassen sie diesen, so bleibt ein Theil von ihnen zurück, das Gefäss gewissermaassen, das den Sauerstoffe einengte, und daher entsteht der Dampf und der Rückstand beim Abbrennen aller Feuerwerks-Mischungen. — Bisher wurde gewöhnlich von beiden Substanzen nur der Salpeter angewendet.

Verbrennender Substanzen wandte die Feuerwerkerei bisher sehr viele an, denn ausser Schwefel und Kohle gebrauchte sie noch Schwefelspiessglanz (Antimon), Schwefelarsenik (Realgar), Kolophonium, verschiedene Oele, Fette und Gummiarten, Bärlappsaamen, u. s. w. Sie alle haben keine andere Wirkung als eine langsamere Verbrennung als Kohle und eine raschere, als Schwefel sie mit Salpeter giebt, zu erhalten; diess lässt sich aber, wie wir zeigen werden, viel einfacher und in jeder Beziehung vortheilhafter, auch durch Zwischenverbindungen der beiden obigen Substanzen erreichen. Es ist daher durchaus nicht nöthig, andere brennbare Stoffe als Kohle und Schwefel anzuwenden, denn sie entsprechen den verschiedenen Zwecken in bei weitem höheren Grade als jeder andere.

Alle brennenden Mischungen der Feuerwerkerei werden also mit Vortheil nur aus den genannten vier Substanzen gebildet, nur da wo es auf die Farbe der Flamme ankommt, und diese nicht weiss sondern bunt sein soll, muss für jede verschiedene Farbe der brennenden Mischung noch Ein unbrennbarer Stoff zugesetzt werden, welcher indem er ins Glühen kommt, mit der verlangten Farbe leuchtet. Eine einzige Ausnahme, wo bei bunten Flammen ein Zusatz von Antimon (Schwefelantimon) nöthig werden kann, siehe unten.

Digitized by Google

Zwischen den oben angeführten vier Substanzen, wovon zwei das Sauerstoffgas geben und es binden, giebt es nur gewisse bestimmte Verbindungen, die so abgemessen sind, dass der Eine genau so viel Sauerstoffgas entwickelt als der andere gerade zu seinem Verbrennen bedarf. Wäre von einer der Substanzen nur etwas zu viel oder zu wenig in der Mischung, um diese Bedingung zu erfüllen, so würde jedenfalls ein Ueberschuss Einer der beiden Substanzen entstehen, der störend auf die Verbrennung einwirken müsste. — Es ist diess ein Gegenstand worauf die Feuerwerkerei nie achtete, obwohl die Wissenschaft schon seit langer Zeit diese Thatsache aufdeckte und auch die richtigen Verhältnisse der Mischung angab. Desshalb konnte sie bisher niemals die höchsten Wirkungen erreichen und bedurfte zu bestimmten Wirkungen mehr Mittel, als der Natur nach nöthig waren. Hieraus entstand ferner die Unsicherheit aller Versuche und Angaben, und der zahllosen sich widersprechenden Recepte und Vorschriften zur Erreichung Eines Zweckes.

Betrachten wir nun jene einzig richtigen Grundverbindungen näher, so ergiebt sich, dass in jede derselben nur eine der beiden sauerstoffliefernden Substanzen einzugehen braucht, und dass jede dieser Substanzen mit den beiden brennbaren Stoffen, Kohle und Schwefel, zwei Verbindungen zu bilden im Stande ist, wovon die eine immer nur Schwefel, die andere aber Schwefel und Kohle zugleich enthält, keine aber Kohle allein enthalten darf, wenn man der sauerstoffliefernden Substanz die ganze darin enthaltene Sauerstoffmenge entziehen will.

Wir werden daher vier Grundverbindungen für die Feuerwerkerei haben, und zwar:

eine von Salpeter, Schwefel und Kohle,
eine von Salpeter und Schwefel,
eine von Chlorkali, Schwefel und Kohle,
eine von Chlorkali und Schwefel.

Diese Mischungen haben für die Anwendung die Annehmlichkeit, dass sie sehr einfachen Zahlenverhältnissen so nahe kommen, dass diese ohne Nachtheil dafür angewendet

Digitized by Google

werden können. *) In allen Salpeterverbindungen bildet dieser 75 Procent, in der Chlorkaliverbindung bildet dies 79. In der Verbindung mit Schwefel giebt dieser im ersten Falle 25, im letztern 21 Procent, in der Verbindung mit Kohle und Schwefel geht die erstere mit 1 Procent mehr als der Schwefel also im ersteren Falle zu 13, im letzteren zu 11 in die Verbindung ein, so dass sich die Verbindungen in obiger Reihenfolge auf diese Weise in runden Zahlen stellen

75 : 12 : 13
75 : 25
79 : 10 : 11
79 : 21

Mit diesen vier Grundverbindungen die sich der Feuerwerker vorräthig bereitet, werden, indem man sie untereinander mischt, alle für irgend welchen Zweck der im weitesten Sinne ausgedehnten Feuerwerkerei erforderlichen brennbaren Mengungen *(Sätze)* dargestellt.

Es ist nöthig, dass wir diese vier Grundmischungen nun in ihren Eigenschaften näher beschreiben.

Die erste Verbindung, aus Salpeter, Schwefel und Kohle (75 : 12 : 13) bestehend, das bekannte *Schiesspulver*, das wir zum Unterschied der zweiten ähnlichen Verbindung des Chlorkalis *Salpeterpulver* oder *Pulver* schlechthin nennen wollen, giebt bei der Entzündung kohlensaures und Stickstoffgas, und im Rückstande bleibt der ganze Schwefel und das Kalium des Salpeters, in der Verbindung als Schwefelkalium. Der Schwefel zerlegt hier bloss den Salpeter ohne selbst zu verbrennen; die gesammte Sauerstoffmenge nimmt die Kohle auf. Es entstehen von 100 Theilen Pulver

Kohlensäure 50
Stickstoff . . 10
} Gas und Schwefelkalium 40 } Rückstand

*) Anmerkung. Für den Chemiker bemerken wir, dass diese Verbindungen auf 1 Atom sauerstoffliefernder Substanz entweder 2 Atom Schwefel, oder 1 Atom Schwefel und 3 Atom Kohle enthält.

Digitized by Google

Bei weniger gutem Pulver vermindern sich die Gasmengen um etwas und es wird dann der Rückstand grösser. Vom Rückstand wird ein grosser Theil als Dampf fortgerissen. Je weisser der Rückstand ist, je leichter er zerfliesst, je mehr er nach faulen Eiern riecht (Schwefelwasserstoff), desto vollkommner verbrannte das Pulver. Die Verbrennung geschieht überaus rasch, mit Entwicklung sehr hoher Temperatur, und einem stark röthlich weissen Lichte. Sie hat Statt durch Berührung mit einem glühenden Körper, sei es ein fester oder ein luftförmiger (Flamme), der Punkt wo diese äussere Erhitzung geschieht, wird zuerst wirksam, indem dort etwas von der fein zertheilten Kohle des Pulvers zum Glühen und Verbrennen mit Hülfe des Sauerstoffs der Atmosphäre gebracht wird, und dadurch aus dem nächst gelegenen Salpeter, der in dem sehr fein vertheilten Zustande in dem er sich im Pulver befindet, leicht schmilzt und glüht, Sauerstoff frei macht, und dadurch die Kohle zu der rascheren Verbrennung bringt, von der wir oben sprachen, und die allen Wirkungen der Feuerwerkerei zum Grunde liegt. Dieser erst entzündete Punkt heizt die nächstgelegnen, und so pflanzt sich die Verbrennung, dem Auge scheinbar zugleich, der Wirklichkeit aber nach allmählig der ganzen Pulvermenge mit. Zur Entzündung gehört nicht immer ein glühender Körper, sondern oft nur ein Stoss, der hier aber allerdings schon sehr stark sein oder zwischen stark erwärmten Körpern Statt haben muss. Der Stoss oder Schlag erzeugt Wärme und diese bewirkt die Entzündung. — Das reine Pulver verbrennt für viele Zwecke der Feuerwerkerei zu rasch; man kann es durch starke Verdichtung sehr verlangsamen, doch reicht auch diess noch nicht für alle Anwendungen aus.

Die zweite Verbindung, die von Salpeter und Schwefel (75 : 25) die wir *Salpeterschwefel* nennen wollen, hat ganz andere Eigenschaften. Beim Verbrennen dieser Mischung giebt der Salpeter nur einen Theil seines Sauerstoffs, nämlich den, der an den Stickstoff gebunden war, her; die *eine* Hälfte Schwefel verbrennt mit $\frac{3}{5}$ dieses Sauerstoffs zu Schwefelsäure, die im Rückstande bleibt, und die andere mit $\frac{2}{5}$ des Sauer-

Digitized by Google

stoffs zu schwefliger Säure, die als Gas entweicht. Es entstehen daher aus 100 Theilen Salpeterschwefel:

schwefligsaures Gas	25	Gas und schwefelsaures Kali	65	Rückstand.
Stickstoffgas	10			
	35			

Diese Mischung lässt sich durch einen glühenden Körper nicht entzünden, da der Schwefel zwar leichter entzündlich ist als Kohle, aber bei seinem ersten Verbrennen an der Atmosphäre nicht Wärme genug entwickelt, um den Salpeter bis zum Sauerstoffentwickeln zu erhitzen. Diese Mengung kann daher nur zum Verbrennen gebracht werden, wenn man Salpeter und Schwefel zugleich von aussen erhitzt, oder eine leicht verbrennliche Substanz, wie z. B. Schiesspulver darunter mengt, das bei seinem Verbrennen den Salpeterschwefel heizt und so in die Verbrennung hineinzieht. Eine Entzündung durch einen Schlag ist hier noch viel schwieriger als oben, da der Schwefel für sich, wie erwähnt, den Salpeter nicht genug heizt. Die durch Hitze entzündete Masse brennt langsam und ohne Explosion, mit glänzend weissem Lichte. — Diese Verbindung kann niemals ganz rein in der Feuerwerkerei angewendet werden, sondern immer nur in Verbindung mit Schiesspulver, in dieser Verbindung wird sie aber höchst wichtig. Sie hat in dieser Mischung zwei verschiedene Zwecke. Theils wird sie benutzt um das stärkste weisse Licht darzustellen, dann verbindet man sie nur mit so viel Schiesspulver als zu ihrer Entzündbarkeit irgend erforderlich ist, oder man benutzt sie zum Verlangsamen des Schiesspulvers, überall da wo eine blosse Verdichtung desselben nicht ausreicht. Es ist leicht einzusehen, dass, da der Salpeterschwefel für sich höchst langsam verbrennt, viel langsamer als es für die Zwecke der Feuerwerkerei erforderlich ist, man aus ihm und dem rasch brennenden Schiesspulver jede verlangte mittlere Geschwindigkeit durch Vermengung beider mit grosser Schärfe muss erreichen können.

Die dritte Verbindung, die von Chlorkali, Schwefel und Kohle (79 : 10 : 11) die wir *Chlorkalipulver* nennen wollen, hat nahe die Eigenschaften des Salpeterpulvers. Es giebt wie

Digitized by Google

jenes, kohlensaures Gas, doch statt des Stickstoffgases Chlorgas und Schwefelkalium als Rückstand. Die Verhältnisse stellen sich hier wie folgt:

Es bilden sich von 100 Theilen

kohlensaures Gas 42
Chlorgas . . . 22 } Gas und Schwefelkalium 36 } Rückstand
64

Theils wegen der grössern Menge Gas, theils auch weil die Verbrennung rascher geschieht, indem das Chlorkali seinen Sauerstoff schon bei niederer Temperatur entwickelt, mithin nicht so hoch erhitzt zu werden braucht, also bei gleicher heizender Kraft in kürzerer Zeit so weit gebracht ist als der Salpeter, — ist die Wirkung des Chlorkalipulvers heftiger als die des Salpeterpulvers. Die Entzündung geschieht hier leicht durch den Schlag, da der sich entzündende Schwefel hinreichende Hitze giebt (in Verbindung mit der durch den Schlag bewirkten), das Chlorkali zu zerlegen, und so die Verbrennung im Gange zu erhalten. — Diese Mengung wird in der Feuerwerkerei, die sich deren bisher noch nicht bediente, da anzuwenden sein, wo man ohne glühende Körper zünden will, und zwar ist diess möglich theils durch den Schlag (Perkussionszündung) theils durch Begiessen des Pulvers mit Schwefelsäure, die das Sauerstoffgas austreibt und zugleich so viel Wärme hervorbringt, um die Verbrennung der Kohle zu veranlassen.

Die vierte Verbindung, die von Chlorkali mit Schwefel (79 : 21), die wir *Chlorkalischwefel* nennen wollen, ist der des Salpeterschwefels ähnlich wirkend. Sie entwickelt nur auch hier statt Stickstoffgas Chlorgas und giebt in 100 Theilen

schwefligsaures Gas 21 } Gas und Schwefelsaures
Chlorgas . . . 23 } Kali . . . . 56 } Rückstand
74

Diese Verbindung ist ziemlich rasch verbrennlich, indem hier die Wärme welche der Schwefel entwickelt hinreicht, aus dem Chlorkali das Sauerstoffgas auszutreiben. Sie verbrennt jedoch lange nicht so rasch als die beiden Pulverarten, und mit einem weniger intensiven Licht als Salpeterschwefel;

Digitized by Google

sie ist daher an sich zur Darstellung bunter Flammen sehr geeignet, indem sie leicht fremde Färbungen annimmt, nicht zu schnell verbrennt, und dabei doch heftig genug wirkt um eine unbrennbare Substanz mit in die Flamme aufzureissen. Sie ist noch leichter durch den Schlag entzündlich als das Chlorkalipulver, ist aber leichter wieder verlöschend als jenes. Es kann zur Verlangsammung desselben angewendet werden.

Diess sind die vier Elemente, aus denen eine von dem alten Wuste gereinigte Feuerwerkerei sich ihre brennbaren Mischungen je nach den verschiedenen Zwecken zusammensetzen wird. So wie die Satzmischungen bisher angegeben wurden, war es unmöglich ein allgemeines leitendes Princip herauszufinden, und man konnte nie ermitteln, von welcher Substanz man mehr oder weniger nehmen müsse, um eine bestimmte Modification des Resultats zu erhalten. Es möge nun aber ankommen auf eine Veränderung der Geschwindigkeit, des Gasvolumens, der Temperatur oder der Lichtstärke, so wird man bei Anwendung der obigen Elemente nie in Verlegenheit sein, aufzufinden, welches derselben zur Erreichung des Zweckes zu vermehren oder zu vermindern sein dürfte. Das einfachste Problem der Feuerwerkerei, einen etwas rascheren oder langsameren Satz zu bereiten als einen gegebenen, hatte bisher schon Schwierigkeiten weil drei Elemente (Salpeter, Schwefel und Kohlen) geändert werden konnten, und jede Aenderung ihren Vortheil und Nachtheil hatte, hier aber sind nur zwei Elemente, die rascher, und die langsamer brennende Verbindung einer und derselben sauerstoffliefernden Substanz (die Kohlenschwefel- und die Schwefelverbindung), deren Veränderung die feinsten Nuanzen zulassen, und durchaus die allgemeine Güte des Satzes nicht verringern.

Ein zweiter sehr wesentlicher Vortheil wird durch die angegebene Konstruktion der Sätze aus jenen vier Elementen erreicht, nämlich der, dass man bei allen Arbeiten der Feuerwerkerei keine Kohle darzustellen braucht. Diess war bisher mit allem was dazu gehörte, die misslichste, langweiligste und

Digitized by Google

undankbarste Arbeit des Feuerwerkers. Einmal war es schwer, das erforderliche weiche und trockne Holz in gehöriger Güte zu beschaffen, die Apparate zum Verkohlen herzustellen, die Operation selbst musste gehörig geleitet und abgewartet werden, dann musste man die Kohle stückweise aussuchen, stampfen, sieben, — alles beschwerliche, ungesunde und schmutzige Arbeiten; hierzu kam noch, dass es fast unmöglich ist, die Kohle immer zu gleicher Feinheit zu bringen, und dass, während Salpeter und Schwefel und Chlorkali immer dieselben sind, die Kohle bei jedem Darstellen eine andere wird; da sie aber bei der Verbrennung eines Pulversatzes das über die Geschwindigkeit derselben entscheidende Element ist, so musste auch jeder in gleichen Verhältnissen, aber mit verschiedenen Kohlen bereitete Satz in seiner Wirkung ein anderer werden, und man musste daher für jede Kohle andere Satzmischungen nehmen und diese erst durch ein mühsames und umständliches Ausprobiren auffinden. Dazu kam ferner, dass die lockere Kohle, die man sich selbst bereitet, sehr begierig Wasser aus der Atmosphäre ansaugt, und im Herbste trägere Sätze giebt als im Sommer.

Bei den vier Elementen, deren wir uns aber bedienen, wird nur die gute, schon völlig fertig gekleinte und gemengte Kohle benutzt, die im guten Schiesspulver vorhanden ist, die auf keine Weise im Kleinen in gleicher Güte darzustellen ist, und die dabei noch den Vortheil giebt, dass sie mit Schwefel und Salpeter schon innig verbunden den grössten Theil ihrer wasseransaugenden Kraft verloren hat. Alle treibenden, leuchtenden Sätze u. s. w. werden nur aus Schiesspulver und Salpeterschwefel gebildet, wozu also keine frische Kohle kommt, und die geringen Mengen von Chlorkalischiesspulver, deren man nur bedarf, fertigt man, wie wir unten näher sehen werden, auf *die* Weise, dass man Schiesspulver auslaugt und dem Rückstande von Schwefel und Kohle Chlorkali zusetzt, wo es also auch keiner frischen Kohle bedarf.

Die Anwendung grösserer Mengen von Schiesspulver bei der Bereitung der Sätze, statt des bisher üblich gewesenen Zusammensetzens aus Salpeter, Schwefel und Kohle, hat für

Digitized by Google

die Stärke und Gleichmässigkeit der Wirkung noch den grossen Vortheil, dass man mit der grössten Anstrengung nicht im Stande war auch den Salpeter und Schwefel so weit zu kleinen und so innig zu mengen, als es beim Schiesspulver die Fabrik gethan; die geringe Menge Salpeterschwefel, die jetzt zugesetzt wird, lässt sich eher kleinen, zumal da hier die störende, verstaubende, voluminöse Kohle nicht mit einwirkt; auch kann ein Mangel hierbei nur von viel geringerem Einfluss sein, als da wo die ganze Masse so bereitet war *). Auch ist der Salpeterschwefel immer nur Nebeningredienz in den neuen Sätzen, er soll eigentlich nur verlangsamen, die wirklich Gas und Hitze gebende Substanz, das Schiesspulver, ist doch immer in höchster Güte darin enthalten.

Sätze, die verdichtet werden sollen, erlangen ferner durch grosse Zugaben von Schiesspulver den Vortheil, dass sie bei gleichen Druckkräften viel leichter, und dabei viel höhere Verdichtung annehmen, als die unmittelbar aus den Substanzen gemischten Sätze, indem das Pulver bereits ein hohes specifisches Gewicht durch seine Bereitung erhalten. Diese grössere Dichtigkeit behalten Kohle und Schwefel noch bei wenn man auch den Salpeter auslaugt.

Mengt man Schiesspulver mit Salpeterschwefel in irgend welchem Verhältniss, so müssen, wie leicht aus den Mischungszahlen einzusehen, in der Mengung zusammen immer 75 Procent Salpeter enthalten sein, um diess näher zu zeigen, möge folgende Uebersicht dienen.

Schiesspulver	Salpeterschwefel	Salpeter	Schwefel	Kohle
100 Proc.	mit 0 Proc.	geben 75	12	13,1
90 -	- 10 -	- 75	13,9	11,1
80 -	- 20 -	- 75	14,2	10,8
70 -	- 30 -	- 75	14,9	10,1

*) Anmerkung. Wenn man sich erst durch praktische Versuche allgemein von der Nützlichkeit der vorgeschlagenen Mischungen überzeugt haben und dadurch ein grösserer Verbrauch von Salpeterschwefel eintreten wird, ist zu erwarten, dass auch diese Mischung auf den Pulvermühlen bereitet werden dürfte.

Digitized by Google

Schiesspulver		Salpeterschwefel		Schwefel	Salpeter	Kohle
60 Proc.	mit	40	geben	75	16,6	8,4
50	–	50	–	75	18,0	7,0
40	–	60	–	75	19,2	5,8
30	–	70	–	75	20,4	4,6
20	–	80	–	75	21,6	3,3
10	–	90	–	75	22,8	2,2
0	–	100	–	75	25	0

Wir sehen also, dass der Unterschied der hier vorgeschlagenen Sätze von den gewöhnlich üblichen auch in den Verhaltnisszahlen sich ausspricht; indem die letztern, da wo es auf eine langsamere Verbrennung ankam, diese durch eine Verminderung des Salpetergehaltes, und willkührliche Vermehrung von Schwefel und Kohle hervorzubringen suchten, während hier der Salpetergehalt auf 75 Proc. vollkommen fest steht und nur der Schwefelgehalt allmählig zu- und in eben dem Maasse der Kohlengehalt abnimmt, je träger der Gehalt wird.

Von diesen Verhältnissen werden die ersten drei, die schnell zusammenbrennen, die *zündenden*, die nächsten zwei die *treibenden*, die nächsten drei die eigentlich *heizenden* Sätze, und die vorletzten zwei die *leuchtenden* Sätze, je nach der anzuwendenden Satzmenge und der disponibeln Verdichtungskraft geben. Jedenfalls ist es bei Treibsätzen und Zündsätzen nothwendig, immer die grösste vorhandene Verdichtungskraft anzuwenden, um eine möglichst geringe Zugabe von Salpeterschwefel zu bedürfen, und so den Rückstand zu vermindern.

Die hier vorgeschlagenen Sätze sind allerdings etwas theuerer als die gewöhnlichen, da sie vorwaltenden Salpeter erhalten, allein sie leisten bei gleichem Volumen mehr als die bisher üblichen, enthalten weniger Kohle, zumal da man, wo Schiesspulver hinzukommt, den Satz an und für sich schon träger machen muss, als wenn man die drei Substanzen für sich mengt; so werden die üblen Einflüsse der Kohle, wozu auch gehört, dass sie der Verdichtung widersteht, in jeder Beziehung verringert. Diese Sätze geben alle ein bei weitem

Digitized by Google

weisseres Licht als die bisherigen, was für die Lustfeuerwerkerei auch nicht ohne Annehmlichkeit ist. Sie haben ferner den Vortheil, dass man Satzreste leichter wieder zu andern Sätzen verarbeiten kann, indem man ihnen Salpeterschwefel zusetzt wenn sie für den neuen Zweck zu rasch, oder Schiesspulver wenn sie zu langsam brennen. Alle früheren Satzereste mussten weggeworfen werden, denn das Auslaugen des Salpeters lohnt bei kleinen Mengen nicht.

Man pflegte bisher zu den Raketensätzen absichtlich grob gemahlne Kohle dem Satz zuzusetzen, um einen funkenreicheren Schweif zu erhalten. Man erreicht diess aber auch mit viel grösserem Vortheil, wenn man sich der obigen Satzmischungen bedient, und dazu kleine Mengen zerstossener fetter Steinkohle setzt. Man hat dabei die Freiheit, den Schweifen verschiedene Funken geben zu können (s. unten funkengebende Sätze). Die bisherigen Raketensätze die aus Mehlpulver und Kohle bestanden und dadurch bis 30 Procent Kohle enthielten, mussten schon desshalb sehr ungleiche Resultate geben und beim Transport und im feuchten Wetter sehr leiden.

Von diesen Elementen ist das Eine, das Salpeterpulver, schon fertig käuflich, die drei andern müssen erst dargestellt werden; damit diess in gehöriger Güte geschehen könne muss man die dazu erforderlichen Substanzen, Salpeter, chlorsaures Kali, Schwefel und Schiesspulver, in ihren verschiedenen Graden von Güte zu erkennen vermögen, wozu wir die Anleitung im Folgenden geben werden.

Salpeter. Der ostindische Salpeter der in sehr weissen durchsichtigen Krystallen vorkommt, enthält nur wenige Unreinigkeiten, der europäische dagegen der meist an einer etwas braunen Farbe und einem höheren Grade von Feuchtigkeit kenntlich ist, enthält deren oft bedeutend mehr. Die fremden Beimengungen werden nicht allein dadurch schädlich, dass sie die wirkliche Menge an Salpeter in einem bestimmten Gewicht verringern, sondern sie werden auch Veranlassung, dass

Digitized by Google

der Salpeter Feuchtigkeit anzieht. Um sich von dem Grade der Unreinheit zu überzeugen *), schmelze man eine gewogene Probe in einem kleinen ebenfalls gewogenen hessischen Tiegel und lasse, sobald alles geschmolzen, sogleich den Salpeter wieder erstarren und wäge die erkaltete Probe, so giebt der Gewichtsunterschied die Wassermenge welche der Salpeter enthält. Man reibt diese Probe nun sehr fein und legt sie in einer Porzellanschale in einen feuchten Raum, oberflächlich zugedeckt. Wiegt sie nachdem sie zwei bis drei Tage darin gewesen, 3 bis 5 Procent mehr als vorher, so muss der Salpeter für gewisse Zwecke noch gereinigt werden; in den meisten Fällen genügt schon ein Waschen des zerriebenen Salpeters mit sehr kaltem Wasser, es entsteht aber hierbei ein nicht unbeträchtlicher Abgang an Salpeter (15 bis 20 Procent). Für alle Zwecke, wo es nicht auf einen hohen Grad von Genauigkeit ankommt, ist diess auch genug; wo aber die grösste Reinheit erforderlich ist, namentlich für die Lustfeuerwerkerei, muss man sich lieber des guten trockenen ostindischen Salpeters, der in langen prismatischen Krystallen angeschossen ist, bedienen.

Der Salpeter ist, obwohl die Natur ihn dauernd erzeugt doch noch immer sehr theuer; eine richtige Benutzung der thierischen Abgänge und des jetzt nutzlos verrottenden Laubes, der alten Mauern, Tennen u. s. w. würden ihn sehr viel wohlfeiler machen können, und man würde dann um so leichter im Stande sein, das in demselben verschlossene Sauerstoffgas, das nahe die Hälfte seines Gewichts beträgt, in mannichfacher Beziehung zu benutzen. Für Heitzung und bewegende Kraft könnte er viel leisten, wie wir es noch später näher angeben werden. Für diese Zwecke könnte dann auch ohne wesentlichen Nachtheil die Reinigung von den ihn begleitenden Substanzen ganz unterlassen oder doch sehr be-

*) Anmerkung. Das Probiren des Salpeters mit salpetersaurem Silber ist hier nicht zu empfehlen, da in der Feuerwerkerei ohne Nachtheil Salpeter verwandt werden kann, worin eine geringe Menge von Chlorverbindungen enthalten, die doch schon sehr stark auf Silber reagiren.

Digitized by Google

schränkt, und auch hierdurch sein Preis noch bedeutend ermässigt werden.

Fast aller krystallisirte Salpeter enthält etwas Wasser, weshalb er vor dem Kleinen getrocknet werden muss, sonst ballt er sich zusammen.

Um diess Resultat noch sicherer zu erhalten, löst man Salpeter im dritten Theil seines Gewichts Wasser, das man in einem gusseisernen verzinnten oder glasirtem Geschirr am Ofenfeuer zum Kochen bringt, auf. Sollte sich dabei eine schleimige Haut auf dem Wasser bilden, so wird diese abgeschöpft. Sobald aller Salpeter aufgelöst ist, und das Wasser geringe Quantitäten zugeschütteten Salpeters nicht mehr auflöst, wird der Topf in kaltes Wasser gesetzt und die Auflösung während des Erkaltens rasch bis zur völligen Erkaltung umgerührt. Der Salpeter fällt dann in feinen fast wasserfreien Krystallen nieder. Man giesst dann die Flüssigkeit, die eine gesättigte Salpeterauflösung ist, ab, und verwahrt sie zur nächsten ähnlichen Operation, wo dann kein Verlust an Salpeter mehr entsteht.

Das *Chlorkali* prüft man auf die Weise, dass man eine Probe in einem Tiegel glüht; es darf dabei nicht knistern, knallen, und einzelne Theile herauswerfen. Hier ist auch eine Prüfung mit salpetersaurem Silber zu empfehlen. Denn bei dem hohen Preise dieses Salzes kann man es wohl ziemlich rein verlangen. Löst man etwas davon in Wasser auf, so muss eine konzentrirte Auflösung von salpetersaurem Silber höchstens eine weissliche Trübung aber keine weisse Wolken geben.

Der *Schwefel* muss hellzitronengelb sein; man darf sich der Schwefelblumen nicht bedienen, sondern immer nur des Stangenschwefels. Auf ein glühendes Blech gebracht, muss er ohne Rückstand verbrennen. Bleibt Rückstand, so muss man den Schwefel in mehr hohen als breiten Gefässen zerfliessen lassen, und ihn einige Zeit im Fluss erhalten ohne ihn zu stark zu heizen; die Unreinigkeiten senken sich dann nach unten. Am besten geschieht diess in einem irdenen unten verstopften Trichter. Die Unreinigkeiten sammeln sich alle

Digitized by Google

in der Spitze und können dann leicht von dem Schwefelkonus abgeschlagen werden.

Das *Schiesspulver* muss ein glattes glänzendes nicht zu schwarzes Korn haben, beim Verbrennen keine rothe Funken werfen, und in grösserer Menge verbrannt einen weissen, geringen nach faulen Eiern stark riechenden Rückstand lassen.

Obwohl nach dem oben festgestellten Princip der Feuerwerkerei auch die Wirkungen des Schiesspulvers in ihren Bereich gehören, und hier daher auch eigentlich über die Anfertigung des Pulvers gesprochen werden müsste, so würde diess doch zu weit abführen, und erlaubt sich der Verfasser in dieser Beziehung auf seine Schrift: *Vorträge über die Artillerie-Technik Band I. (herausgekommen in Berlin bei Schlesinger 1833)* zu verweisen. Auf die verschiedenen Eigenthümlichkeiten, die Schiesspulver zu verschiedenen Zwecken haben muss, kommen wir später zurück.

Eine eigene Schwierigkeit hatte bisher in der Feuerwerkerei das Kleinen und Mengen der Substanzen; theils musste diess in eigenen Zimmern geschehen, weil die Kohle staubte, theils ging es sehr langsam von der Hand, kostete viele Anstrengung, theils endlich war ein gewisses Maass des Zerkleinens und Mengens nie möglich, was dennoch so sehr wichtig sowohl in Bezug auf den Grad der Kleinung als auch auf den Grad der Innigkeit der Mengung ist. Das blosse Ansehen und das Gefühl reicht nicht aus, und eine Zeitbestimmung der Arbeit hilft nicht, da die Kraft des Reibenden ungleich und in verschiedenen Tagen noch verschieden war. Daher gaben Sätze von gleichen Mischungsverhältnissen und Materialien oft so sehr ungleiche Resultate.

Alle Zerkleinungs- und die meisten Mengungsoperationen, nämlich die aller der Mischungen, welche kein chlorsaures Kali enthalten, werden jetzt mit dem grössten Vortheil in einer kleinen hölzernen, um ihre Längenachse drehbaren Tonne verrichtet, die mit der Längenachse horizontal auf ein einfaches Gestelle, in dem sich Zapfenlager mit bronzenen Pfannen be-

Digitized by Google

finden, gelegt wird. Die Längenachse ist, so weit sie durch die Tonne geht, von Holz, ihre Zapfen, womit sie in den Bronzepfannen des Gestelles läuft von Eisen, besser von polirtem Stahl. Die Tonne hat an einer Stelle in der Mitte der Länge eine durch einen Ueberwurf verschliessbare Thür, die an den Rändern, um keine Ritzen zu lassen, mit Tuchlappen belegt wird. Die Bewegung der Tonne um ihre Achse wird am besten durch irgend eine mechanische Kraft hervorgebracht. Man kann die Achse mit einer in Gang befindlichen Drehbank koppeln; ein gewöhnlicher Bratenwender reicht dafür vollkommen aus; ein Hund in einem Trittrade, oder die blosse Bewegung des Fusses, während man mit andern Feuerwerks-Arbeiten beschäftigt ist, verrichten diese Arbeit ebenfalls sehr wohl. Man bringt in diese Tonne die zu kleinenden oder zu mengenden Substanzen, im ersteren Falle mit Flintenkugeln, im letzteren mit Rehposten, so dass die Bleikugeln etwa das dreifache Gewicht der zu bearbeitenden Substanz ausmachen, und dreht nun die gut verschlossene Tonne etwa zwei Stunden lang mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 25 bis 30mal in der Minute um, setzt dann ein Sieb in die Thüröffnung und dreht weiter, wo dann die gemahlenen Substanzen in ein untergestelltes Sieb fallen, und die Kugeln in der Trommel bleiben. Man darf nicht zu schnell drehen, namentlich nicht beim Mengen.

Das Vermengen von klein gemahlenem Schwefel, oder von dem Rückstande des ausgelaugten Pulvers mit ebenfalls klein gemahlenem chlorsauren Kali geschieht ohne alle Gefahr in der Reibschale. Zu der Darstellung des Chlorkalischwefels gehört ein grosser Druck und eine Geschwindigkeit von zwei bis drei Umdrehungen in der Sekunde, fortgesetzt durch funfzehn bis zwanzig Sekunden, um eine Entzündung hervorzubringen, und dann treten auch nur kleine Verpuffungen ein. Zum Vermengen mit Rückstand des ausgelaugten Pulvers, gehört noch eine grössere Heftigkeit des Reibens, aber allerdings ist eine entstehende Entzündung hier gefährlicher.

Sehr angemessen ist es an die Tonne ein kleines Instrument nach Art der Schrittzähler anzubringen, wo man dann

Digitized by Google

das Drehen beliebig unterbrechen kann, und doch sicher ist, immer eine gleiche Mischungsinnigkeit zu erhalten.

Das Mischen der Sätze.

Zu allen Treibsätzen, wo es auf die entwickelte Gasmenge und Temperatur ankommt, wird man nur Salpetermischungen nehmen können, da die grössere Geschwindigkeit der Chlorkalisätze hier von keinem Vortheil ist, und man schon bei dem Schiesspulver nahestehenden Sätzen nur durch sehr grosse Kräfte eine hinreichend starke Verdichtung erhält, dass sie nicht verpuffen. Auch sind die Chlorkalisätze zu theuer. Für bunte Feuer und einige Zündungen sind diese dagegen die einzigen brauchbaren. Wo helles Licht gefordert wird, ist der Salpeterschwefel an seiner Stelle.

Die allgemeinen Normen für die Zusammensetzung werden daher sein:

1) Sätze zur Erzeugung von Gas (Treibsätze) und zur Heizung (Zünd- und Heizsätze) müssen aus Schiesspulver und Salpeterschwefel gemischt werden, erstere müssen mehr Schiesspulver, die anderen mehr Salpeterschwefel enthalten.

2) Sätze, die eine gewisse Zeit brennen sollen, werden aus denselben Elementen gemengt, je nach der geforderten Brennzeit.

3) Sätze, die ein sehr weisses Licht geben sollen, müssen aus Salpeterschwefel mit möglichst wenig Schiesspulver bestehen.

4) Sätze, die bunte Flammen geben sollen, werden aus Chlorkalischwefel und einer verbrennbaren Substanz, welche glühend aufwärts gerissen, die Flamme färbt, zuweilen aus Chlorkalischwefel, und einer Verbindung eines salpetersauren Salzes mit Schwefel gemengt.

5) Sätze, die durch den Schlag, durch Reibung oder durch Befeuchten mit Schwefelsäure sich entzünden sollen, werden aus Chlorkalischiesspulver und Gemengen desselben, mit Chlorkalischwefel bereitet.

Die Schwefelverbindungen, und in den Sätzen zu bunten Flammen die unbrennbaren Substanzen sind die verlangsa-

Digitized by Google

menden, die Schiesspulverbindungen und, in den Sätzen zu bunten Flammen, der Chlorkalischwefel dagegen die beschleunigenden Elemente.

Wie rasch oder träge ein Satz aus den obigen Elementen zusammengesetzt werden müsse, hängt theils vom Zweck, theils von äussern Umständen ab, denn sehr verschieden rasch brennende Sätze können durch äussere Umstände zu einem gleich langen Brennen gebracht, und dagegen gleiche Sätze ungleich brennend gemacht werden. Wir geben hier die wichtigsten Einflüsse an, auf die es ankommt.

1) Je grösser die Satzmenge ist, die verbrannt werden soll, desto träger muss sie in ihrer Zusammensetzung sein, indem sie dann an sich desto heftiger verbrennt; man kann daher aus kleinen Proben auf die Brennzeit grosser Massen nicht unmittelbar, sondern bloss durch ein durch Erfahrung gegebenes Verhältniss schliessen. Will man grossen Satzmengen, die in Gefässen, welche sich leicht erhitzen, abgebrannt werden sollen, eine bis zuletzt gleiche Brenngeschwindigkeit geben, so muss man die später verbrennenden Theile des Satzes träger machen, weil die Verbrennung, je länger sie dauert, und je mehr sie von den heisswerdenden Gefässen unterstützt wird, desto schneller fortschreitet. — In weiten Röhren muss der Satz träger sein als in engen.

2) Die Gefässe, in denen die Verbrennung geschieht, werken um so einflussreicher auf die Brennzeit, je kleiner die Satzmenge ist. In guten Wärmeleitern geht die Verbrennung langsamer als in schlechten, weil in ersteren viel Wärme entzogen wird. Sätze, die in irdenem Geschirr und in Papierröhren rasch brennen, brennen in Blechschalen merklich langsamer. Man kann diess theilweise vermeiden, wenn man die Blechschalen vor dem Entzünden des Satzes erwärmt.

3) Einen noch wichtigeren Einfluss auf die Brennzeiten hat die Verdichtung des Satzes. Man kann die raschesten Sätze, selbst Chlorkalischiesspulver durch sehr starkes Pressen zu langsamem Verbrennen bringen. In dem Maasse als

Digitized by Google

daher ein Satz verdichtet werden soll, muss er rascher konstruirt sein, um eine gegebene Brennzeit zu halten.

4) Bei Sätzen, die aus sehr langen Röhren brennen sollen, muss der Satz, wenn er vollkommen gleiche Brennzeiten in gleichen Längen haben soll, nach unten zu träger werden, wenn die Röhre nicht mit abbrennt, weil die Verbrennung heftiger wird, je mehr die eingeschlossene Luftsäule wächst.

5) Bei Sätzen zu bunten Flammen muss die Verbrennung beschleunigt werden, wenn die Wirkung bei Tages- oder starkem Lampenlicht und nur durch Reflex, wie es bei Beleuchtung von Theatern gefordert wird, geschehen soll. Des Nachts und dem Auge nahe abgebrannt, muss dagegen die Verbrennung verlangsamt werden, weil sonst das weisse, zum Grunde liegende Licht so stark blendet, dass die Färbung dem Auge fast ganz entschwindet.

Wenn diese äusseren Bedingungen der Mischung der Sätze in Bezug auf die Brenngeschwindigkeit gewisse Schranken stellen, so geschieht diess noch weiter durch einige andere Momente.

Je mehr nämlich der Salpeterschwefel in einer Mischung wächst, desto grösser wird der Rückstand, einmal weil diese Mengung selbst mehr Rückstand lässt als Schiesspulver, und zweitens, weil er in dem Maasse weniger kräftig herausgeworfen wird, als die Verbrennung an Heftigkeit abnimmt. Bei offenen Röhren schadet diess weniger, da sich der Rückstand als Schale an die Hülse anlegt, und in sich immer noch eine offene Röhre lässt; für Röhren aber, die verengte Brandlöcher haben, ist hierauf Rücksicht zu nehmen.

In Sätze, die lose oder nur mit geringer Verdichtung verbrannt werden sollen, muss man möglichst wenig Schiesspulver nehmen, da selbst dessen Kohle noch Feuchtigkeit aufsaugt und die Sätze an verschiedenen Tagen dann verschieden rasch brennen macht.

Digitized by Google

Betrachtet man diese mannichfachen Rücksichten, welche die Wahl eines Mischungsverhältnisses für bestimmte Sätze bedingen, so ist es leicht zu verstehen, wie sich überhaupt keine allgemeine scharfe Vorschrift für diese Verhältnisse geben lasse, sondern wie jeder specielle Fall und Zweck ein eignes Verhältniss, also einen Vorversuch, erfordere.

Desshalb wirkten die, nach den alten Vorschriften bereiteten Sätze oft so sehr von der bezeichneten Art verschieden, wozu noch die Einflüsse der verschiedenen Eigenthümlichkeit der angewandten Materialien beitrugen.

Nach der eben entworfenen Methode wird es aber, da man immer nur mit 2 Elementen zu thun hat, überaus leicht für einen bestimmten Fall die passendste Mischung zu ermitteln, und man ist zugleich sicher, dass diess ein für allemal geschehe, während bisher bei den schlecht gemengten mit verschiedener Kohle gefertigten Sätzen jede für sich bearbeitete Satzmenge eine unbekannte Grösse war.

Die Treibsätze können von ganz reinem Schiesspulver anfangend bis zu einer Beimengung von 40 Salpeterschwefel gehen. Schiesspulver allein ist nur bei Röhren geringer Dimension und starker Verdichtung anwendbar; alle Mischungen bis zu der gegebenen langsamsten Grenze explodiren, wenn man sie lose gelegt entzündet. Verdichtet sind die Unterschiede der Verbrennungszeit bei ihnen aber sehr merklich und sehr gleichmässig fortschreitend. Je mehr Schiesspulver sie enthalten, desto mehr Gas entwickeln sie, desto grösser ist ihre treibende Kraft, desto geringer der Rückstand. Man suche daher immer die möglichst grösste Verdichtung zu erhalten, um somit, ohne Gefahr die Röhren zu sprengen, die grösste mögliche Schiesspulvermenge in den Satz nehmen zu können.

Sätze zum Heizen werden ähnlich konstruirt, doch kann hier nur höchst schwierig reines Schiesspulver angewendet werden. 20 Procent Beimengung von Salpeterschwefel werden das Minimum sein, weil sonst eine zu starke Luftströmung eintritt, welche dem Heizen und Zünden hinderlich

Digitized by Google

ist, ferner die Zeit der Einwirkung der höheren Temperatur gar zu kurz wird, denn da die Geschwindigkeit des Fortpflanzens der Wärme nicht in geradem Verhältniss mit der Temperatur zunimmt, so geht ein grosser Theil der allerdings mit dem Schiesspulvergehalt zunehmenden Wärme für die Heizung verloren. Man kann hier bis zu Beimengungen von 80 Procent Salpeterschwefel steigen. Die Heizkraft dieser Gemenge ist so gross, dass wenn man eine $1\frac{1}{2}$ Loth schwere Blechröhre mit solchem Satze lose füllt, so dass die Röhre etwa $\frac{5}{6}$ Loth Satz fasst und den Satz entzündet, die Röhre in wenigen Sekunden so hellroth glühend wird, dass man das Blech unter dem Hammer fletschen kann. Die Wirkung wächst hier mit dem Schiesspulvergehalt.

Von 60 Procent Salpeterschwefel Beimengung an bedürfen diese heizenden Sätze keiner Verdichtung, ja ihre Wirkung ist um so grösser, je lockerer sie beim Brennen liegen.

Die Sätze, die eine bestimmte Zeit brennen sollen, sind meist in Röhren eingeschlossen; sie können von reinem Schiesspulver bis zu Mengungen, die nur noch 10 Procent Schiesspulver und 90 Salpeterschwefel halten, variirt werden, je nach dem Durchmesser der Röhre, der Verdichtung und der geforderten Brennzeit. Man kann sie verdichtet und auch locker brennen lassen. Höhere Gleichmässigkeit ist aber nur bei verdichteten Sätzen zu erlangen. Besonders vortheilhaft tritt die obige Art der Satzmischung bei den Leuchtsätzen, d. h. bei denen, die weisses Licht geben sollen, hervor.

Es giebt sehr viele ältere Vorschriften für *Sätze zu weissen Flammen.* Es sind meistens Mischungen von Salpeter, Schwefel, Antimon, Arsenik, Kohle, auch wohl Harzen, Sägespänen u. s. w., dass die letzteren überflüssig sind, unterliegt keinem Zweifel, ihre rothe Flamme kann nur schaden. Eben so Terpentinöl, Salmiak, Quecksilber, Talg, Steinöl u. s. w. die man sonst wohl noch zugiebt. Die beiden berühmtesten weissen Feuer, das bengalische und indianische, haben daher auch nur Salpeter, Schwefel, und das erstere Schwefelantimon, das letztere Schwefelarsenik, und zwar in dem Verhältniss des Salpeters zum Schwefel von 100 : 29 und des Anti-

Digitized by Google

mons im ersteren Falle zu 14 Antimon, im letzteren zu 8 Arsenik. Ersteres in die oben gegebene Nomenklatur übertragen, zeigt nahe 116 Salpeterschwefel auf 27 Antimonsalpeter, also keinen überschüssigen Theil, wodurch, da dieser Satz eine so überwiegende Leuchtkraft über alle andern zeigt, am besten erwiesen wird, wie wichtig es ist, die richtigen Mischungsverhältnisse der sauerstoffliefernden Substanz zu der verbrennenden, die hier (in der ganzen älteren Feuerwerkerei vielleicht der einzige Fall) richtig getroffen sind, festzuhalten. —

Antimonsalpeter (Mischung von Salpeter und Schwefelantimon) brennt bläulich und giebt erst in grösserem Zusatz hinreichend heftige Verbrennung, um gehöriges Weissglühen zu erzeugen; eben so verhält sich die Mischung von Schwefelarsenik und Salpeter. Wirksamer ist Schiesspulver, und obwohl es roth brennt, so wird diese rothe Flamme von der starken Gluth, die es im Salpeterschwefel erzeugt, doch übertragen. Viel stärker als das bengalische und indianische Weissfeuer ist daher noch eine Mengung von Salpeterschwefel mit Mehlpulver, wo je nach dem Volumen des zu verbrennenden Satzes verschiedene Mengen Mehlpulver zugesetzt werden müssen. Das Minimum ist 10 Procent, das Maximum 20. Dieser Satz giebt ein unglaublich glänzendes vollkommen weisses Licht, mit bei weitem weniger Dampf als die obengenannten, bei welchen der Dampf noch obenein für das Athmen sehr gefährlich ist und daher in verschlossenen Räumen, z. B. Theatern, nur immer mit grosser Beschränkung angewendet werden kann. Er ist gefahrlos zu bereiten und hält sich unverändert in verschlossenen Gefässen, zur Signalisirung ist er besonders gut geeignet, weil sein Licht sehr weit sichtbar ist, und die dazu erforderlichen Materialien überall mit Leichtigkeit angeschafft werden können. In einen Haufen aufgeschüttet brennt er langsam und gleichmässig ab. Er lässt sich gut verdichten und bildet dann eine steinharte Masse. Auch mit einer Harzauflösung kann er ohne Nachtheil in Ballen geformt werden.

Eine eigene Methode, einzelne weisse Lichtblitze, die zu bestimmten Momenten gegeben werden müssen, wie es zur

Digitized by Google

Signalisirung und auf Theatern zuweilen nöthig wird, zu erhalten, möge hier noch ihre Stelle finden. Man bringt kurz vor dem festgestellten Momente in einem blechernen Tiegel einige Loth Salpeter zum Schmelzen und heizt ihn stärker, bis er anfängt freien Sauerstoff zu entwickeln, was etwa eine Minute nach den Schmelzen eintritt; je höher die Temperatur ist, die man geben kann, desto besser. Man hält einige Schwefelstücke wie eine Haselnuss gross in Bereitschaft und wirft diese in dem bezeichneten Augenblicke auf die Fläche des geschmolzenen Salpeters; es entsteht dann blitzähnlich eintretend das weisseste und intensivste Licht, das bisher noch niemals in der technischen Anwendung dargestellt worden.

Zum Darstellen *gefärbter Flammen* wandte man bisher ein buntes Durcheinander von Stoffen aller Art an, aber so viele Recepte auch die Feuerwerkereien für diese Sätze gaben, so erhielt man doch, wenn man nach diesen Vorschriften arbeitete, eine kaum, oft gar nicht gefärbte Flamme. Dieser Gegenstand, der von hohem Interesse für die Technik werden kann, bedurfte daher völlige Umgestaltung, die sich von dem obigen Systeme ausgehend leichter als früher durchführen liess.

Zur Darstellung einer bunten Flamme gehört eine heftig verbrennende Satzmischung, die selbst möglichst wenig gefärbt sein darf, und eine unbrennbare Substanz, die von der Flamme glühend mit aufgerissen wird und die Eigenschaft hat, bei diesem Glühen ein gefärbtes Licht zu geben. Zu allen Sätzen bunter Flammen gehören daher zwei wesentlich verschiedene Theile; die färbende Substanz ist, wie erwähnt, hier das verlangsamende Element.

Als brennbare Mischung giebt Salpeterschwefel mit Schiesspulver ein zu weisses Licht und eine nicht hinreichende hohe Temperatur. Doch wurde er mehr oder weniger mit andern Substanzen gemengt als Grundlage der Sätze zu bunten Flammen angewandt, desshalb waren sie alle nur wenig intensiv.

Viel vorzüglicher, und gewiss die jetzt vorhandene beste Grundmischung für Sätze dieser Art, ist der Chlorkalischwe-

Digitized by Google

fel; er giebt kein grelles weisses Licht, brennt ohne Schiesspulver- (Kohle) Zusatz rasch und energisch und hat alle Eigenschaften deren man hier bedarf. Er liegt desshalb auch fast allen hier folgenden Sätzen zu bunten Flammen zu Grunde, die damit zu erhaltenden Flammen sind so überaus schön, dass sie auf keine Weise bisher so dargestellt werden konnten. In grösseren Massen wo die Verbrennung rascher vor sich geht, kann man Salpeterschwefel bis 5 Procent zersetzen. Mehr giebt ein zu weisses Licht.

Gehen wir nun erst zu den färbenden Substanzen, und dann zu ihrer Mengung mit der brennbaren Mischung über.

Die färbenden Substanzen sind entweder Salze, oder trokkene Säuren, oder Metalloxyde, oder endlich Metallspäne. — Am häufigsten werden Salze angewendet, und zwar zeigt sich hierbei die Eigenthümlichkeit, dass, obwohl die Salze, wie bekannt, aus einer Säure und einer sogenannten Grundlage (ein Alkali, eine Erde, oder ein Oxyd) bestehen, die erstere in der Wirkung, die wir hier betrachten, fast ganz verschwindet, und nur die letztere einen eigenen Charakter hat, so dass es also für die Färbung gleichgültig ist, welches Salz einer bestimmten Grundlage man anwendet. Nur in einer schwachen Nuanze der der Basis eigenthümlichen Färbung spricht sich zuweilen die verschiedene Säure aus; ja sogar in dem Borax (boraxsauren Natrum) wo die Säure für sich selbst eine entschiedene charakteristische Färbung der Flamme zeigt, tritt doch nur die Wirkung der Grundlage, des Natrums hervor, während die der Boraxsäure ganz verschwindet.

Da es also ziemlich gleichgültig für die Wirkung ist, welches der Salze einer Grundlage man nimmt, so bleibt der ökonomischen Rücksicht die Entscheidung bei der Wahl.

Eine noch nicht ganz erklärte Erscheinung ist es, dass dieselben Substanzen nicht in allen Flammen dieselbe Färbung geben. So geben die Kupfersalze, die mit Weingeist, Harz, oder Sägespäne eine schöne grüne Flamme erzeugen, mit Chlorkalischwefel eine blaue. Chlorcalcium giebt der Weingeistflamme eine orange Färbung, dem Chlorkalischwefel eine rosa u. s. w.

Digitized by Google

Die salpetersauren Salze sind theilweise leicht zerfliesslich, eben so die salzsauren Salze (Chlorverbindungen), sie sind ferner theuer, da die meisten in der Natur nicht vorkommen, ihr Krystallisiren immer ein Abdampfen erfordert, und Verlust dabei entsteht. Die kohlensaure Verbindung hat diese Mängel nicht, mit Ausnahme des kohlensauren Kalis, das zerfliesslich ist. Die kohlensauren Salze haben daher in den meisten Fällen den Vorzug, und zwar um so mehr, da in 100 Gewichtstheilen derselben, immer bedeutend mehr von der eigentlichen färbenden Basis enthalten ist, als in den andern Salzen derselben Grundlagen mit andern Säuren (Schwefelsäure, Salpetersäure u. s. w.).

Von allen Grundlagen, mit Ausnahme des Kalis, sind daher die kohlensauren Verbindungen als Zusatz zu den gefärbten Flammen zu wählen, vom Kali dagegen das schwefelsaure Salz. Das kohlensaure Natrum muss so wie alle andern etwa anzuwendenden, wasserhaltigen Salze (salpetersaurer Strontian u. s. w.) vorher durch Glühen von dem Wasser befreit werden, sonst blähen sie sich auf und schwächen die Färbung. Die krystallisirte Boraxsäure dagegen, die ebenfalls eine bedeutende Menge Wasser hat, wird mit Vortheil ohne Entwässerung angewandt.

Eine Untersuchung auf die Reinheit dieser verschiedenen Substanzen würde höchst umständlich sein, es ist daher viel vortheilhafter, etwa ¼ Loth Chlorkalischwefel abzuwiegen, 20 Procent der feingeriebenen zu prüfenden Substanz darunter zu mengen, den Satz abzubrennen und sich zu überzeugen, ob die verlangte Farbe rein und in gewöhnlicher Intensität heraustritt. Wenn man einmal die Probe mit wirklich reinen Substanzen angestellt hat, so kann man sich über die Reinheit einer andern Quantität nicht mehr täuschen.

Die Substanzen müssen vor dem Einmengen in den brennbaren Satz sehr fein gekleint, wenn es nöthig scheint, vor dem Abwägen getrocknet und dann sehr innig mit dem Satze gemengt werden, beim Salpeterschwefel durch Reiben, beim Kalischwefel nur durch Mischen.

Digitized by Google

Einige Schwierigkeit hat die Feststellung des richtigen Mischungsverhältnisses aus den gegebenen Elementen, um eine möglichst intensiv gefärbte und nicht zu rasch verlöschende Flamme zu erhalten.

Chlorkalischwefel ist an sich zu rasch, er muss daher verlangsamt werden, und diess geschieht in den meisten Fällen schon durch den Zusatz der färbenden Substanz allein. 5 Procent Zusatz geben meist schon ein bemerkliches Licht und hinreichend langsame Verbrennung, bei vielen muss man aber bis 20 und 30 Procent steigen, ehe die Farbe den grössten Grad von Intensität erhält. So lange das weisse blendende Licht noch vorwaltet, ist der Zusatz noch zu gering. Ist die Verbrennung gar zu rasch, selbst bei stärkerem Zusatz, was aber nur in seltenen Fällen Statt hat (z. B. bei der rothen Flamme der Kreide), so setzt man 5 bis 10 Procent Salpeterschwefel zu, ist der Satz aber bei der gehörigen Intensität dagegen zu träge, bleibt sehr viel Rückstand, droht die Flamme immer wieder zu verlöschen, so setzt man Chlorkalipulver oder Schiesspulver zu, soll aber die Flamme blau oder grün werden, wobei die rothe Farbe der verbrennenden Kohle die Farbe verändern würde, so verbindet man Schwefelantimon, das die Rolle von Schwefel und Kohle zugleich spielt und beim Verbrennen ein weisses Licht giebt, mit Chlorkali (50 Theile Antimon auf 50 Theile Chlorkali) und giebt diese zu 10 bis 15 Procent zu. Je nach den eben genannten Umständen muss man mehr oder weniger färbende und mehr oder minder der Verlangsamungs- und Beschleunigungsmittel auf 100 Chlorkalischwefel setzen, um bei einer gleichmässigen, nur aber nicht stockenden Verbrennung eine deutliche für den Zweck ausreichende Färbung der Flamme zu erhalten. — Brennt der Satz übrigens intensiv und ohne zu verlöschen und ist er nur schwer entzündlich, so kann man ihm diesen Fehler nehmen, wenn man ihn mit etwas chlorkalischwefelreicheren Satz derselben Art, oder auch mit reinem Chlorkalischwefel bedeckt. Diese Decke zündet ihn dann leicht.

Beim Salpeterschwefel lassen sich selbst in seiner höchsten Steigerung nicht alle Substanzen als färbende anwenden,

Digitized by Google

die beim Kalischwefel sehr schöne Farben geben. Man muss sich daher dabei meist auf wenigere und weniger intensive Farben beschränken. In den französischen neueren Schriften sind diese bisher bekannten Flammen auch nur immer als röthlich, grünlich und bläulich bezeichnet. Man fängt hier am besten mit dem Gemeng von 50 Procent Schiesspulver auf 100 Salpeterschwefel an, und steigt in der Zugabe von Schiesspulver, bis die Farbe der mit 20 bis 30 Procent zugesetzten unbrennbaren Substanz deutlich genug hervortritt. Eines besondern Verlangsamungsmittels bedarf es hier niemals.

Hat man durch einen solchen Versuch einmal für einen bestimmten Zweck eine Satzmischung ermittelt, so kann man sicher sein, dass bei Anwendung der hier bezeichneten Methode der Prüfung und Mischung der Substanzen zu allen Zeiten immer wieder dieselbe Wirkung erreicht werden wird, was, wenn man die Sätze wie bisher, namentlich mit selbst gebrannter Kohle zusammensetzt, niemals Statt haben kann. Insofern macht sich diese Mehrarbeit reichlich bezahlt.

Wir geben jetzt die bunten Farben mit den Substanzen, die für sie zur Disposition stehen, näher an.

Roth. Man stellte Purpurroth bisher durch salpetersauren Strontian dar, ein zerfliessliches Salz, das nur immer kurz vor dem Gebrauch zu den Sätzen zugefügt werden durfte. Man kann ganz mit derselben Lichtstärke den kohlensauren Strontian, wie er in der Natur im Strontianit vorkommt, anwenden, oder man stellt ihn aus dem salpeter- oder salzsauren dar, die jetzt schon leicht käuflich sind, indem man diese Salze auflöst, und eine Auflösung von kohlensaurem Kali (Pottasche) hinzufügt, das niedergefallene Pulver auf einem Filtrum auswäscht und scharf trocknet. — Das kohlensaure Strontian ist an der Luft unveränderlich, und ein damit gemengter Satz kann beliebig lange aufbewahrt werden. Ein nahe eben so schönes Purpurroth giebt, wie wir gefunden, kohlensaurer Kalk, am besten als Schlemmkreide angewendet. Von ihm sowohl als vom vorigen Satze, kann man 30 bis 40 Procent zum Chlorkalischwefel zusetzen und dabei diesen noch mit Salpeterschwefel verlangsamen; die Flamme lässt

Digitized by Google

weniger Rückstand und giebt geringen Rauch. Das Licht ist so stark, dass es auch als reflektirtes auf Theatern anwendbar ist. Vermehrt man den Zusatz zu weit, so zieht sich das Roth ins Orange. Beide obige färbende Substanzen geben mit Salpeterschwefel keine gesättigte Farbe, besonders die letzte nicht, die erstere lässt sich noch mit Schiesspulver selbst zu einer röthlichen Farbe bereiten *).

Ein schönes Rosaroth, eine Flamme die bisher noch gar nicht dargestellt worden, giebt Gips (schwefelsaurer Kalk) und ein helleres, mit Grün gemischtes Rosa, Flussspath (Fluorcalcium). Mit Salpeterschwefel giebt beides keine Färbung.

Für die Sätze, deren Grundlage Salpeterschwefel ist, sind sehr viele verschiedene Substanzen als färbende vorgeschlagen, mehrere wirken nur durch die dunkelrothe Flamme, die sie geben, hierher gehören die Harze, die gestossene Steinkohle, Leinöl; theils durch ihr unvollständiges Glühen, wie die Kupferspäne, der gestossene Bimstein, Blutsstein (Eisenoxyd), die überschüssig zugesetzte Kohle, der Russ; bei sehr vielen Sätzen aber ist eine träge unvollkommene Verbrennung die Ursache der rothen Flamme. Alle diese Flammen haben nicht die schöne Färbung wie die des Chlorkalischwefels und sind zu Theaterfeuern und Signalen kaum anzuwenden. Eben so leisten sie ihre Wirkung nicht als lose aufgeschütteter Satz, sondern meist nur bei grösserer Verdichtung in Röhren.

Gelb. Gelb lässt sich bei beiden Sätzen durch salpetersaures, besser durch kohlensaures Natrum, das zuvor stark ausgeglüht worden, darstellen. Die Farbe ist beim Chlorkalischwefel, bei 30 bis 40 Procent Zusatz, rein und gesättigt gelb und ist zu Theaterfeuern wohl anzuwenden. Beim Salpeterschwefel ist diess weniger der Fall. Zusatz von Schiesspulver giebt einen Uebergang ins Röthliche.

Die übrigen Natrumsalze, das schwefelsaure, boraxsaure, das Kochsalz, geben ein unreineres Licht als die oben ge-

*) Anmerkung. Ein sehr schönes Purpurroth giebt kohlensaures Lithion, mit Salpeterschwefel; es ist schöner als das des Strontians. Das Salz ist aber noch zu theuer für die technische Anwendung.

Digitized by Google

nannten; ebenso Operment, Zinnober, Beinkohle, Buchsbaumspäne, Feuersteinpulver u. s. w., die früher bei den Salpetersätzen angewendet worden.

Blau. Die Darstellung eines intensiven blauen Lichtes, war bisher ein Problem für die Feuerwerkerei, denn was von Sätzen dieser Art in den Schriften angegeben war, brachte kaum eine etwas mehr blaue Färbung hervor als man sie mit Antimon erreicht. Es ist uns geglückt, mit Chlorkalischwefel eine blaue Flamme zu erhalten, die in Intensität den obigen nicht nachsteht. Das Kupferoxyd, der Grünspan (essigsaures Kupfer), das kohlensaure Kupferoxyd geben mit Chlorkalischwefel ein blaues Feuer, aber es hat nicht Intensität genug, nimmt man dagegen das schwefelsaure Kupferoxyd-Ammoniak, das in den Apotheken zu haben ist, und mengt man es mit der Hälfte seines Gewichtes an schwefelsaurem Kali, so erhält man bei einem Zusatz von 60 bis 80 dieser Mischung zu 100 Chlorschwefel ein sehr schönes dunkelblaues Licht. Das Kupferammoniaksalz zersetzt sich binnen weniger Tage an der Luft, man muss es daher erst kurz vor dem Gebrauche der Grundmischung beigeben, oder es, wenn man es länger aufbewahren will, in gut zu verschliessende Gefässe bringen. Für Sätze, wo es nur eines weniger intensiven Lichtes bedarf, reichen die obigen Kupferverbindungen, die an der Luft unveränderlich sind, aus. Mit Salpeterschwefel giebt die obige Mischung kein blaues Licht.

Hellblau lässt sich sehr schön durch schwefelsaures Kali, auch durch gut gebrannten Alaun darstellen, doch hat es selbst bei stärkerem Zusatz kaum so viel Intensität, ein durch Reflexion wirkendes Theaterlicht zu geben.

Für Salpetersätze ist Antimon, Zink, Alaun, Wismuthoxyd, Knochenmehl und Kupferasche als Zusatz vorgeschlagen worden; allein die Flamme bleibt, wie erwähnt, immer nur schwach.

Orange ist bisher noch nicht dargestellt worden; manche Salpetersätze gaben zwar eine der Oelflamme ähnliche ins rothe ziehende gelbe Flamme, allein sie war niemals mehr als schmutzig gelb. — Mit Chlorkalischwefel lässt sich aber durch

Digitized by Google

eine Mengung von kohlensaurem Natrum und kohlensaurem Kalk ein schönes orange Licht darstellen, das man beliebig mehr dem gelben oder dem rothen näher kommen lassen kann, je nachdem man das Natrum oder den Kalk vermehrt. Es ist für Theater brauchbar.

Violett. Ist ebenfalls noch nicht dargestellt worden. Man erhält es durch Zusatz mehrerer Kalisalze, der kohlensauren Magnesia, des kohlensauren Ammoniaks zu Chlorkalischwefel, am schönsten jedoch durch eine Mengung von gebranntem Alaun oder schwefelsaurem Kali mit kohlensaurem Kalk, in jeder beliebigen Nuance sich mehr dem blauen oder dem rothen nähernd, immer mit hinreichender Intensität, doch nicht mit so starker als das reine roth und blau.

Grün. Man kann mehrere Nuancen von Grün durch Beimischungen zum Kalischwefel darstellen.

Apfelgrün wird erhalten durch einen Zusatz von kohlensaurem Baryt, die Farbe ist schwach und kann zu Theaterfeuern kaum benutzt werden. Man kann nicht höher als 20 bis 21 Procent mit dem Zusatze von Baryt gehen, sonst muss der Chlorkalischwefel schon durch Antimonkali verstärkt werden; mit Salpeterschwefel giebt der Baryt kein grünes Licht, diess Apfelgrün ist daher nicht mit Salpetersätzen darzustellen.

Hellgrün giebt krystallisirte Boraxsäure mit Chlorkalischwefel. Schon 5 Procent Zusatz geben eine deutliche Färbung, doch wird sie bis 10 und 15 Procent nicht verhältnissmässig stärker; giebt man 25 Procent zu, so muss schon mit Antimonkali nachgeholfen werden, das Licht ist dann etwas intensiver. Diess Licht eignet sich zur Luftfeuerwerkerei und zum Signalisiren, doch reflektirt es für Theater zu schwach. Mit Salpeterschwefel giebt die Boraxsäure kein grünes Licht.

Ein viel intensiveres, bedeutend mehr reflektirendes grünes Licht erhält man, wenn man salpetersauren Baryt mit so viel Schwefel, als zur Zerlegung seiner Salpetersäure gehört, verbindet, d. h. 132 Theile salpetersauren Baryt mit 32 Schwefel: also 13 : 3 1/3; dieser Mischung, die für sich nur schwer brennbar ist, giebt man auf 100 Theile 30 bis 40 Theile

Digitized by Google

Chlorkalischwefel zu, wodurch sie leichter entzündlich wird. Die Farbe ist nahe der der Kupfersalze mit Weingeist. Soll sie recht tief grün werden, so muss der später verbrennende Satz weniger Chlorkalischwefel enthalten, als der zuerst zündende. Vor dem Anzünden des losen Satzes bestreue man die obere Fläche desselben mit reinem Chlorkalischwefel.

Sonderbar ist es, dass es durchaus nicht gelingt, die schöne Farbe, welche Kupfersalze dem Weingeist, der Holzflamme u. s. w. mittheilen, mit Salpeter- oder chlorsaurem Kali-Sätzen hervorzubringen; es scheint als sei hierzu die Temperatur dieser Sätze zu hoch; es ist uns eben so wenig gelungen nach den Vorschriften, die sich in vielen Feuerwerkereien zur Darstellung eines grünen Lichtes finden, bestehend aus Mengungen von fein vertheiltem Kupfer mit Schiesspulver, oder von Salpeter, Schwefel, Antimon und Grünspan u. s. w. eine wirklich grüne Flamme zu erhalten.

Brillantfeuer, der Zusatz von Stahlfeile, Gusseisenpulver, Zinkspänen, Kupferspänen zu Schiesspulver oder Mischungen von Salpeterschwefel und Schiesspulver geben funkensprühende Flammen. Zinkspäne erhält man am leichtesten, wenn man Zinkstäbe abdrehen lässt und die dünnsten Drehspäne in einem eisernen Mörser zerreibt.

Um bei dem für jeden bestimmten Zweck anzustellenden Mischungsversuche ein bestimmtes Maass der überhaupt erreichbaren Intensität des bunten Lichtes zu geben, werden wir die Mischungsverhältnisse für eine in einem lose aufgeschütteten Haufen abzubrennende Probe von dem ungefähren Gewicht eines Drittel Lothes näher angeben, womit ziemlich die höchste überhaupt zu gewinnende Intensität erreicht wird.

1) Purpurroth	100	Chlorkalischwefel		30	kohlensaurer		Strontian.
	100	—	—	40	—	—	Kalk.
2) Rosaroth	100	—	—	30	—	—	Gips.
3) Gelb	100	—	—	40	—	—	Natrum (wasserfrei).
4) Blau	100	—	—	40	schwefelsaures		Kupferoxyd Ammoniak + 20 schwefelsaures Kali.

Digitized by Google

5) Hellblau	100	Chlorkali	schwefel-	50 gebrannter Alaun oder schwefelsaures Kali.
6) Orange	100	—	—	20 kohlensaurer Kalk + 20 kohlens. Natrum.
7) Violett	100	—	—	20 kohlensauer Kalk + 20 Alaun.
8) Grün	100	—	—	15 Boraxsäure.
8) Grün	100	—	—	350 einer Mischung von 1300 salpetersauren Baryt auf 320 Schwefel.

Obwohl nicht unmittelbar hierher gehörig, geben wir noch die Anleitung, bunte Weingeistflammen darzustellen.

Flammen mit Weingeist.

Der Weingeist hat an sich eine blaue, an den Spitzen gelb gefärbte Flamme, deren gelber Theil etwas intensiver wird, in dem Maasse, als er mehr Wasser enthält. — Diese Flamme lässt sich färben und zwar verhältnissmässig eben so intensiv als die der trockenen Sätze, doch wird sie allerdings niemals so leuchtend, dass sie als reflektirend, namentlich in stark erleuchteten Theatern, gebraucht werden könnte.

Die farbegebenden Substanzen sind theils in Weingeist auflöslich, theils nicht, jedenfalls wirken sie nur als feste Körper, daher so lange sie in der Auflösung sind nicht, sondern erst, wenn sie an den Rändern der Flüssigkeit sich trocken abzusetzen anfangen; eine Auflösung brennt daher erst immer wie gewöhnlicher Weingeist und beginnt erst später die bunten Farben als einzelne Flämmchen zu zeigen, bis diese allmälich überhand nehmen, und zuletzt die ganze Flamme färben. Es ist daher vortheilhafter alle färbende Substanzen gepulvert in Haufen aufzuschütten, und ihnen nur etwas weniges Weingeist mehr zuzugeben, als zum Feuchtmachen gehört. Sie fangen dann gleich mit gefärbten Flammen zu brennen an; man muss dann in kleinen Portionen den verbrennenden Weingeist wieder ersetzen; auch ist ein Umrühren der färbenden Masse und ein äusseres Erhitzen des Gefässes wäh-

Digitized by Google

rend des Brennens vortheilhaft. Diese Flammen werden aber niemals hoch, ausser wenn man äussere Hitze anwendet, was nicht immer angeht, und es ist besser Baumwolle mit in Verbindung zu bringen. Man kann diess indem man Dochte in die Auflösungen einige Zeit einlegt, doch dürfen sie nicht zu concentrirt sein, weil die Dochte sonst schwer brennen. Ein solcher Docht brennt, so lange er überhaupt hält, mit der Farbe, die man ihm gegeben, ein Beweis, wie wenig von der färbenden Substanz consumirt wird. — Um grössere Flammen zu erhalten, weiche man grosse Flocken Baumwolle in solche Auflösungen, drücke sie dann aus, trockene sie, befeuchte sie mit Weingeist und bepudere sie, nachdem man sie wieder ausgedrückt, mit der fein gepulverten färbenden Substanz. Man stecke sie nun an eine gebogene in eine Spitze ausgehende Röhre, die oben an einen Trichter befestigt ist. Zündet man den Ballen an, so entsteht ein hoher sehr schön gefärbter Flammenkegel, den man, wenn immer zur rechten Zeit einige Tropfen Weingeist in den Trichter gegossen werden, beliebig lange unterhalten kann. — Für blau und grün ist es vortheilhafter Asbestballen zu nehmen, oder die Substanz, wie oben erwähnt, in Haufen aufzuschütten, weil es kaum vermieden werden kann, dass die Baumwolle mit anbrennt, und ihre rothe Flamme sich störend in die bunte einmengt. Für Theater können diese brennenden Ballen von grosser Wirkung sein, indem, wenn man sie an einen Draht befestigt, sie wie Feuerkugeln oder frrlichter umherschweifen können, indem man sie für frei schwebend hält.

Alle als färbende Substanzen dienenden krystallisirten Salze müssen auch hier, wenn sie Krystallwasser enthalten, davon durch gelindes Glühen befreit werden.

Man kann dieselben Farben wie bei den Feuerwerksätzen darstellen, obwohl nicht ganz mit denselben Substanzen.

Roth giebt hier sehr schön Chlorstrontium (salzsaurer Strontian) auch Chlorlithion.

Gelb kohlensaures Natrum, besonders gut salpetersaures.

Blau wird erhalten durch gut gebrannten Alaun, blassblau durch kohlensaues Kali.

Digitized by Google

Orange liefert salzsauerer Kalk (Chlorcalcium) in der schönsten Färbung.

Violett die meisten Kalisalze, am allerschönsten aber gereinigtes salpetersaures Kali, dessen Färbung viel reiner noch als das Violett der Feuerwerkssätze ist.

Grün giebt Boraxsäure, und sehr schön Chlorkupfer; ein sehr reines Grün, ohne die rothen, die Flamme der Kupfersalze immer begleitenden Flämmchen, giebt eine Mischung von Boraxsäure und Grünspan. Lichter grün ist die Flamme der Barytsalze.

Glänzende funkensprühende Flamme giebt schwefelsaures Eisenoxyd.

Benutzung der Feuerwerksmischungen.

Nachdem wir jetzt die Bereitung der brennenden Mischungen nach einer neuen, höhere Wirkung, eine grössere Sicherheit des Erfolges verbürgenden und dabei einfacheren und gefahrloseren Methode vorgelegt, bleibt uns noch zu erörtern, in wie weit von diesen Mischungen eine ausgedehntere und vortheilhaftere Anwendung zu machen sei, als es bisher geschehen.

Die Anwendung dieser Mischungen kann in dreifacher Beziehung Statt haben.

1) Als Erzeuger einer grossen Menge, durch hohe Temperatur ausgedehnten Gases.

2) Als Erzeuger hoher Temperatur ohne Rücksicht auf die Gasmengen.

3) Als Erzeuger von Licht.

Welche der Grundmischungen vorwaltend für die eine oder andere Wirkung vortheilhaft sei, sagten wir schon oben.

Der gespannten Gase bediente man sich bisher zum Forttreiben von Projektilen, zum Sprengen fester Körper, zum Drehen und Auftreiben in der Lustfeuerwerkerei.

Der höheren Temperatur bediente man sich bei allen Zündungen, durch Perkussion, Funken, Säuren.

Digitized by Google

Des Lichtes zur Signalisirung bei trigonometrischen Messungen, zur Theaterbeleuchtung für Schlussscenen und in der Lustfeuerwerkerei.

Das Schiesspulver allein, das zum Forttreiben von Projektilen angewendet wird, hat durch den Fleiss, den die Kriegskünstler schon früher darauf verwandt, einen hohen Grad von Vollkommenheit erreicht. Alle andere Anwendungen dagegen werden erst durch die obige Anordnung der Satzmischungen gewinnen.

Doch auch das Schiesspulver, so wie es hier in Betracht kommt, als Jagdpulver, ist noch mancher Vervollkommnung fähig; ein sicherer Beweis dafür ist, dass das englische Jagdpulver, wozu man sich der braunen stark wasserstoffhaltigen Kohle aus einem an der Atmosphäre ausgelaugten Holze bedient, in den deutschen Pulvermühlen bisher nicht nachgeahmt werden konnte, und eine durch unsere Jagdpulver nicht erreichbare Kraft zeigt.

Jagdpulver muss den höchsten Grad von Entzündlichkeit haben, diess ist die erste und nöthigste Bedingung. Um diese zu erreichen, muss das Pulver viel inniger gemischt werden als es bei uns geschieht, der Salpeter und Schwefel müssen den höchsten Grad von Reinheit haben, und die Kohle möglichst leicht entzündlich sein. Diess letztere wird erreicht, wenn man Hanf, Flachs in schwacher Lauge auskocht, wenn man gerade Zweige von weichen Hölzern stark auskocht und dann vor dem Verkohlen trocknet; bei dem Verkohlen selbst nicht weiter geht als bis die Kohle braun ist und noch 40 Procent des trockenen Holzes wiegt. Das Pulver muss nicht zu dicht und fest, nicht dichter als eben erforderlich ist, es beim Transport vor dem Zerdrücktwerden zu schützen, dabei sehr feinkörnig, eckig und nur wenig polirt sein. Verbessern könnte man das Jagdpulver um ein bedeutendes, wenn man dem Salpeter chlorsaures Kali zu 5 bis 10 Procent zusetzte, und der Holzkohle Leinwandkohle zugäbe. Man würde dann die Ladungen verringern, und die Gewehre verkürzen können.

Das Pulver zum Sprengen, wie es jetzt angewendet wird, brennt dagegen zu rasch, es zerschmettert, aber hebt nicht

Digitized by Google

kräftig. Ein Beweis dafür ist, dass es durch Einmengung von nicht oder schlecht brennbaren Substanzen (Sand, Sägespänen) wirksamer wird, wenigstens in kleineren Mengen gleiche Wirkung mit den früheren grösseren giebt. Dieses Pulver muss aus einer Mengung von 85 bis 90 Schiesspulver und 10 bis 15 Salpeterschwefel gemacht werden. Man mache das Korn sehr fest, gross, rund und polire es stark. So wird man auch ohne Beimengung der oben genannten Substanzen, also mit bei weitem geringerem Volumen gleiche und bessere Wirkung erhalten.

Zum Treiben in der Lustfeuerwerkerei sind die vorgeschlagenen Mengungen aus den schon erwähnten Gründen, unbedingt bedeutend vorzüglicher als die bisherigen Sätze.

Es ist zu hoffen, dass die Gaserzeugung durch Verbrennen von Kohle im Sauerstoffgase später, zumal wenn der Preis des Salpeters sich ermässigt auch zur Hervorbringung der Bewegung für die Zwecke des Gewerbes und bei den Maschinen sich werde anwenden lassen; einige erste Versuche haben keine besonders günstigen Resultate gegeben, allein daran gewöhnt man sich, wenn man die Geschichte der Erfindungen studirt. — Die Erzeugung einer Kraft durch Gasentwickelung aus brennbaren Mischungen hat den Vortheil vor dem Dampf, dass die Gefahr des Springens der Kessel wegfällt, dass ein vorheriges Anheizen nicht nöthig ist, und dass man einen Feuerheerd, besonderes Brennmaterial und einen Theil der Apparate nicht bedarf. Nur ein wesentlicher Uebelstand zeigt sich dabei, das ist der Rückstand, den alle diese Mischungen beim Verbrennen lassen, aber auch ihn kann man dadurch, dass man die Gasentwickelung in einem besondern Gefässe vornimmt, und in dieses von Zeit zu Zeit Wasser treten lässt, vollkommen beseitigen. Man wird einfache Apparate, wo Pistons durch langsam verbrennendes Pulver gehoben oder pendelartige Hebel rechts und links gestossen werden, mit grossem Vortheil da anwenden können, wo es auf Heben und Bewegen grosser Lasten ankommt, wo gewöhnliche Maschinenkraft nicht ausreicht, und das Aufsetzen der Dampfmaschine für die einmalige Wirkung nicht lohnt. Ueberhaupt wird das

Digitized by Google

langsam brennende Schiesspulver überall da als die Dampfmaschine übertreffend auftreten, wo es auf eine einmalige oder mit grösseren, ungleichmässigen Pausen eintretende grosse Kraft ankommt, während der Dampf für alle lange anhaltende und weniger heftige Wirkungen immer den Vorzug behalten wird. Desshalb dürfte man auch niemals mit Vortheil mit Dampf schiessen und sprengen, und mit Schiesspulver einen Drehstuhl treiben.

Die Gewalt des Schiesspulvers ist auch als Träger gut zu benutzen, entweder gebunden an eine bestimmte Leitungslinie oder frei. Besonders in letzterer Art, wie sie in der Rakete ist, könnte sie noch vielfältig angewandt werden, als Träger von Signalen, als nächtlicher Telegraph, als Träger von Strickleitern bei Feuersbrünsten, von Ankern *), von Leinen bei im Wasser Verunglückten (nicht bloss auf der See, sondern auch bei Ueberschwemmungen, und beim Verunglücken einzelner Menschen). Es ist ferner wohl möglich, dass man bei der Luftschiffahrt sich der treibenden Kraft des sehr langsam brennenden Schiesspulvers bedienen könnte, um eine der Windrichtung entgegensetzte zu halten.

Die Gase, die sich beim Verbrennen der Schwefelverbindungen erzeugen, haben zu wenig Spannung, um allein als bedeutende Treibkraft dienen zu können; dagegen sind sie sehr vortheilhaft zum Bleichen. Salpeterschwefel giebt sehr viel schweflige Säure, Chlorkalischwefel, schweflige Säure und sehr viel Chlor. Es ist die Frage, ob nicht unter Umständen diese allerdings hoch im Preise kommenden, aber energisch und in grosser Menge mit hoher Temperatur sich entwickelnden bleichenden Gase mit grossem Vortheil in der Technik angewendet werden könnten.

Die Erzeugung höherer Temperatur beim Verbrennen von Schiesspulver ist bisher nur zum Zünden gebraucht worden;

*) Anmerkung. In England und Oesterreich hat man versucht, Anker mittelst Raketen über einen Fluss zu werfen. Der Anker fasste sehr tief. Er war mit dem Schaft an die Hülse so befestigt, dass die Schaufel über die Spitzkappe vorragte.

Digitized by Google

im Kriege zum Anzünden von Holz, Stroh u. s. w. und in der Technik und dem Kriege zum Zünden des Pulvers, sei es nun zum Schiessen oder Sprengen.

Betrachten wir diese Anwendung des Zündens von Schiesspulver, wie sie die Technik beim Jagdgewehr und dem Minensprengen fordert, so finden wir, dass hierzu die Verbindungen der sauerstoffliefernden Substanzen mit Kohle und Schwefel besonders tauglich sind, und zwar die mit Salpeter da, wo man zum ersten Zünden über eine grosse Menge freier Wärme disponirt, und dagegen die des chlorsauren Kalis, wo man nur geringere Mengen vom Wärme zum ersten Zünden anwenden kann. Wo man die Zündung daher mit dem Funken bewirkt, ist die Salpetermischung der Wohlfeilheit wegen vorzuziehen, wo aber die Wärme, welche ein Schlag, eine schwache Reibung, die Wirkung der Schwefelsäure auf ein zerlegbares Salz, ein elektrischer Strom hervorbringt, ausreichen soll, da muss man die des chlorsauren Kalis wählen.

Die Zündung durch den Funken bedingt durchaus die Salpetermischung, die andern Zündungen können aber mit Chlorkalischwefel und Chlorkalischiesspulver erreicht werden. Die Entzündlichkeit der Schwefelverbindung ist sehr gross, nicht aber die Verbrennlichkeit, in der Kohlenschwefelverbindung ist jene zwar etwas kleiner, diese aber bedeutend höher. Es ist daher von Vortheil, diese zu wählen.

Chlorkalischiesspulver ist von allen Präparaten, die mit chlorsaurem Kali bereitet werden, nach vielfachen Versuchen des Verfassers, die sicherste und das Gewehr am wenigsten angreifende Perkussionszündung. Es wäre zu wünschen, dass sie überall an die Stelle des so sehr gefährlichen Knallquecksilbers träte. Wird ein Kupferplättchen auf die Satzschicht des Kupferhütchens gelegt, so widersteht sie der Feuchtigkeit hinreichend, zündet sehr sicher und bietet die Gefahr der Selbstentzündung nicht, wie es beim Gebrauch des Knallquecksilbers Statt hat. Solche Perkussionshütchen liessen sich auch sehr leicht zu einem sehr transportabeln und sichern Feuerzeug benutzen.

Digitized by Google

Chlorkalipulver lässt sich ebenfalls sehr sicher und leicht durch einige Tropfen Schwefelsäure zünden, und ist so sehr geschickt zum Zünden von Sprengladungen in Felsen, die im Meere stehen. Man kann die Zündung vorbereiten, ruhig ans Land rudern und von da aus zu beliebiger Zeit zünden. Man legt oben auf die Sprengladung Chlorkalipulver und giesst in ein bewegliches darüber hängendes Becherchen die Säure und befestigt an dieses eine Schnur, die vom Lande aus gezogen wird, oder man füllt eine Glasröhre mit Schwefelsäure und steckt sie in Chlorkalipulver. Zerbricht man sie durch eine Vorrichtung, so zündet die Säure. Durch Friktion kann man Chlorkalipulver zünden, wenn man es zwischen Papier, das mit Bimsstein oder Glaspulver rauh gemacht worden, klebt und diess zerreisst.

Die Mischungen von chlorsaurem Kali werden seit längerer Zeit mit Schwefelsäure, in neuerer auch mit Friktion als Feuerzeuge gebraucht. Die dazu bisher üblichen Mischungen waren nicht die leicht entzündlichsten und entwickelten viel Chlor und schwefligé Säure, was in Zimmern unangenehm ist. Die geringe Entzündlichkeit der Schwefelhölzchen, die beim Eintauchen zünden, war die Ursache, dass die Fläschchen, wenn sie irgend einmal offen gelassen worden waren, unbrauchbar wurden, was zumal des Nachts oft sehr unangenehm war. Bedient man sich statt der bisher üblichen Mischung eines gleichen Gemenges von Chlorkalischwefel und Chlorkalipulver, die man mit einer dünnen weingeistigen Harzauflösung abreibt, so zünden alle die Fläschchen wieder sehr gut, die bei den bisherigen Hölzchen schon unbrauchbar geworden waren, das Feuer ist vollkommen sicher, es versagt niemals ein Hölzchen, selbst bei ganz schlechten Gläschen; statt des unterliegenden Schwefels kann man eine Mischung von Kolophon und Terpentin nehmen; durch den vorgeschlagenen Satz fällt der Chlorgeruch und durch das Harz der Geruch nach schwefliger Säure weg. Allerdings zündet das Harz nicht ganz so sicher als der Schwefelüberzug; auch wird das Zündfläschchen durch die obige Mischung innerlich etwas angeraucht.

Digitized by Google

Zum Heizen hat man sich der Feuerwerksmengungen noch nicht bedient, obwohl doch nichts näher liegt, da es eigentlich nichts anders wäre als eine Heizung mit Kohle oder Schwefel in der man durch ein Gebläse reines Sauerstoffgas gerade ausreichender Menge zuführt. Die Salpeter-, besser noch Chlorkalimischungen müssen dabei aber stark verdichtet sein. Auch hier würde der Werth dieser Mengungen besonders da entscheidend hervortreten, wo es auf heftige Wirkung, wie beim Platinschmelzen, und auf grössere Leistungen ohne weitere Apparate ankäme. Selbst zum Anmachen eines Feuers geben Röhren, mit einer stark verdichteten Satzmasse geladen, gute Wirkung. Wahrscheinlich würde auch beim Löthen kleiner Metallstäbe, und wo man sich des Löthrohres bedient, eine Heizung auf diese Weise gute Dienste leisten.

Die Leuchtkraft der Feuerwerksmischungen ist ziemlich gross, und doch hat man noch wenige Anwendung davon gemacht. Wie viele Schiffe, die, an einer Felsklippe in der Nacht umherirrend jetzt scheitern, würden der Gefahr noch entgehen können, wenn sie die Umgegend beleuchteten; wie viel sicherer ist ein helleuchtendes Signal als ein Kanonenschuss, den man oft auf kurze Strecken nicht hört! Wenn man in der Marine sich erst über die Zeichen verständigt, so ist es leicht, durch buntleuchtende Raketen-Ausstösse die Art der Noth bestimmter anzugeben, und den Nothleidenden zu antworten. Raketen kann man auf jedes Boot und an jede Stelle der Küste mitnehmen, nicht aber Geschütz, und es ist dabei eine bewährte Erfahrung, dass man auf den Lande noch am Tage den Raketenausstoss, der sich durch den Rauch bemerklich macht, weiter sieht als den Schuss hört. Wie viel mehr wird diess zur See und im stürmischen Wetter Statt haben. Bringt man einen Fallschirm daran an, so wird das Zeichen fast eine Minute in der Luft festgehalten, und daher noch weit leichter bemerkt. Wird die Rakete immer nahe senkrecht abgeschossen, so zeigt der Ort, wo das Signal sichtbar wird, zusammengenommen mit der Windrichtung, die der Seemann so scharf zu bestimmen weiss, ziemlich genau, wo er das hilfe-

Digitized by Google

suchende Boot finden könne. Auch für das Einholen der Lootsen wäre ein solches Zeichen bei Tag und Nacht dem Flaggenaufhissen, und dem Schusse vorzuziehen.

Eben so wichtig kann die Leuchtkraft der Feuerwerkssätze in verschiedenen Farben für die nächtliche Telegraphirung werden, die Farben sprechen sich selbst in sehr kleinen Satzmengen sehr intensiv aus, und dadurch, dass man 8 bis 10 verschiedene Farbennuancen erzeugen, und diese zu einer, und in Kombinationen von 2, 3, 4 u. s. w. anwenden kann, reicht man vollständig für kürzere Sätze aus *). Die Engländer sollen schon seit Kurzem von einer ähnlichen Telegraphirung auf der Flotte Gebrauch machen.

Die weitere Verarbeitung der Mischungen.

Nur in seltenen Fällen, z. B. bei bunten Feuern, kann der Satz so locker, wie er ist, verbrannt werden. Oft muss man ihm wenigstens einige Bindung geben, um als Ausstoss dienen zu können. Soll er bloss cohärent ohne grosse Dichtigkeit werden, so reicht es hin, ihn mit Weingeist, worin etwas Harz aufgelöst ist, anzureiben, und dann möglichst fest zusammenzudrücken. Soll der Satz eine grüne oder blaue Flamme geben, so muss das Harz weggelassen werden, da dessen rothe Flamme störend wird. Besser ist dann eine Auflösung von etwas Salpeter in Wasser. Oefter aber muss man die Sätze verdichten, was gewöhnlich in hohlen cylindrischen Röhren geschieht, die man Hülsen nennt. Ueberall, wo es auf ein langsames Verbrennen ankommt, besonders aber da, wo eine dauernde Triebkraft hervorgebracht werden soll, muss der Satz in Hülsen, die der Gasspannung einen hinreichenden Widerstand zu leisten im Stande sind, verdichtet (geladen) werden.

Die Fähigkeit, in einer solchen geladenen Hülse eine Triebkraft hervorzubringen, liegt darin begründet, dass die sich am entzündeten Ende entwickelnde Gasmenge nach allen Seiten sich auszudehnen strebt, und daher die Hülse zurückdrückt; diese

*) Anmerkung. Gesetzt man nehme nur Weiss, Roth, Gelb, Blau, Violett und Grün, so hätte man schon 4300 Zeichen.

Digitized by Google

Wirkung oder Repulsion ist aber zu gering, als dass sie von Nutzen sein könnte. Um sie zu vergrössern, muss eine grössere Gasspannung erzeugt werden, was am leichtesten auf die Weise geschieht, dass man die brennende gasentwickelnde Fläche, die bei der massivgeladenen Hülse gleich gross mit der ausströmenden, (der innern Oeffnung der Hülse) vergrössert, und zugleich die letztere verkleinert. Um diess zu bewirken, verengt man die Hülse da, wo das Gas ausströmt, und bringt in dem Satzcylinder eine Höhlung an, die eine grosse Fläche hat, welche beim Entzünden zugleich Feuer fängt. Welche Form diese Höhlung hat, ist nicht gleichgültig, doch kommt es hauptsächlich auf das Verhältniss ihrer Grösse zu dem des Ausströmungsloches an, je grösser sie im Verhältniss zu diesem ist, desto grösser, aber stossweiser ist die Triebkraft. Da, wo man Maschinen u. s. w. durch Pulver treiben will, darf diese Ausbohrung nicht grösser sein, als dass die Kraft gleich anfangs hinreicht, eine langsame Bewegung zu erzeugen, dann wird die Summe der Wirkung die gröstmögliche. Die konische Ausbohrung, die allmälig zunehmende und dann wieder allmälig abnehmende Kraft giebt, ist dabei vortheilhafter als die cylindrische, weil diese eine schnell wachsende und dann plötzlich versiegende Kraft erzeugt. Die Ausströmungsöffnung darf nicht gar zu klein gemacht werden, sonst verstopft sie der Rückstand des Pulvers, und die Höhlung nicht zu gross, weil sonst in der Hülse zu wenig Satz bleibt und daher die Zeit der Wirkung sich zu sehr verkürzt, da der Satz zu schnell verbrennt. Man erzeugt diese Höhlung dadurch, dass man die Hülse entweder in der Richtung der Längenachse gleich hohl, über einen *Dorn* ladet, oder sie massiv ladet, und dann ausbohrt. Das letztere ist, wenn man hinreichend starke Verdichtungskraft hat, vorzuziehen; ist die Kraft nur gering, so ist es vortheilhafter über den Dorn zu laden, was wegen der dazu erforderlichen Hohlstempel, Dorne, und Stöcke kostbarere Apparate erfordert. Wie man die Ausströmungsöffnung verkleinert, werden wir weiter unten angeben.

Solche Ausbohrungen werden nicht immer in der Richtung der Längeachse gemacht, sondern auch zuweilen in

Digitized by Google

der des Durchmessers, wenn die Röhre sich in dieser Richtung bewegen soll. Bringt man an jedem Ende der Hülse eine solche Querbohrung, aber auf der entgegengesetzten Richtung an, so dreht sich die Hülse beim Entzünden um den Mittelpunkt ihrer Länge.

Die Anfertigung der Hülsen aus gerolltem und geleimtem Papier war bisher mit ein Haupthinderniss für Dilettanten, sich mit Lustfeuerwerkerei zu beschäftigen. Das Rollen, Kleistern und Würgen sind theils sehr viele Kraft erfordernde theils mühselige Arbeiten. Das Anschaffen eines guten geleimten Papiers ist nicht immer leicht, und jede Hülse, deren vielleicht 100 selbst zu einem kleinen Feuerwerk gehören, kann nur einmal gebraucht werden. Sie ziehen bei längerem Liegen Feuchtigkeit an, verderben den in sie geladenen Satz und sind eine Hauptveranlassung, dass Feuerwerke, die nach dem Aufstellen von einem Regen befeuchtet worden, meist gänzlich versagen. Sie lassen die Anwendung von Sätzen, die bunte Flammen geben, nicht zu, da das Papier theilweise mit verbrennt und eine röthliche Flamme giebt. Sie vermindern überdiess die Geschwindigkeit der Bewegung eines Feuerwerkskörpers, da sie, vermöge der grossen Papierstärke, die in beiden Wänden $\frac{1}{3}$ des ganzen Durchmessers der Röhre betragen muss, einen grossen Querdurchschnitt, also einen grössern Widerstand in der Luft finden.

Bedient man sich statt ihrer blecherner Hülsen, die über einen Dorn gebogen und bloss durch Falze und einige Niethe verbunden sind, so fallen alle obengenannten Mängel weg. Streicht man diese Hülsen innerlich mit Firniss, äusserlich mit Oelfarbe an, so kann man sie beliebig lange leer und geladen aufbewahren, kann sie mehrmals wieder brauchen, und ist vor jedem Einfluss der Atmosphäre sicher. Bei Signal-Raketen erkennt man an der bedeutend verschiedenen Höhe, die Raketen von gleichem Satzdurchmesser, die einen in eisernen, die andern in papierenen Hülsen geladen, erreichen, welchen bedeutenden Widerstand die letzteren in der Luft erleiden. Man bedarf zu allen Raketen, Trieb- und Bombenröhren, Fontänen u. s. w. nur eiserner Hülsen, und selbst Schwärmer

Digitized by Google

können, wenn man unten einen papierenen oder hölzernen Kanonenschlag anbringt, in ihrem oberen Theil aus blechernen Röhren bestehen. Will man bunte Sätze aus Röhren brennen lassen, was z. B. nöthig ist, wenn sich mehrere Farben nacheinander an derselben Stelle zeigen sollen, so sind die gewöhnlichen Hülsen deswegen nicht wohl anzuwenden, weil die bunten Sätze alle vielen Rückstand lassen, der die Mundlöcher bald verstopft, wodurch das Weiterbrennen gestört wird, auch giebt der Satz, wenn er aus tiefen Röhren ausbrennt, nicht mehr die schöne Farbe, wie oben, wo das überstehende Röhrenstück nur noch kurz war. — Um diesem Uebelstande zu begegnen, lasse man sich vom Zinngiesser Röhren giessen aus einer Metalllegirung von $1\frac{1}{2}$ Blei, 1 Zinn und 2 Wismuth; die Wand der Röhre muss etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Linie stark sein. Man fülle diese Röhren unten auf einen Zoll hoch mit Thon, den man fest stösst, und lade dann die bunten Sätze in beliebiger Reihenfolge über einander. Sie brauchen bloss mit einem Holzstempel lagenweise fest gedrückt zu werden. Zündet man eine solche Röhre an, so schmilzt sie in dem Maasse, als der Satz niederbrennt, herunter. Setzt man eine Schale unter, so erhält man das ganze Metall mit sehr geringem Abgange wieder.

Das Laden der Hülsen mit Satz, das bisher entweder aus freier Hand oder mit Rammen geschah, erschütterte die Räume, in denen es vorgenommen wurde, gewaltsam, war beschwerlich und ermüdend, und dabei gefahrvoll selbst bei Schiesspulver, es konnten desshalb auch Sätze, die chlorsaures Kali enthielten, gar nicht angewendet werden. Dabei waren die Stöcke, in welche die Hülsen zum Laden eingesetzt werden mussten, mit ihrem Dorn und den entsprechenden hohlen Stempeln sehr kostspielig. Ladete man aber beim Schlagen aus freier Hand ohne Dorn, d. h. massiv, so wurde der Satz nicht dicht genug.

Man kann alle dem entgehen, wenn man statt der stossenden Kraft beim Laden, wie der Schlag sie giebt, einen Druck anwendet, und diess lässt sich durch jede Pressvor-

Digitized by Google

richtung wie durch einen einfachen oder doppelten Hebel sehr gut erreichen. Man baut sich einen festen Tisch und setzt auf diesen eine senkrechte Stütze, in der sich der Drehpunkt (der Bolzen) eines hölzernen horizontalen etwa 6″ langen Hebels befindet. Etwa 1′ davon ab ist in den Hebel ein eiserner Stempel um einen Bolzen beweglich, nach unten herabhängend eingesetzt. Gerade unter diesem Stempel (wenn der Hebel horizontal steht) befindet sich eine zweite senkrechte hölzerne aber niedrige Stütze, an welcher die zu ladende Hülse befestigt wird. In diese setzt man zum Laden eiserne massive Stempel ein, deren man 3 oder 5 von verschiedener Länge hat, je nachdem man durch Einschütten grösserer oder kleinerer Satzmengen die Satzsäule mehr oder weniger schnell steigen lässt. Auf diese Stempel wirkt der des Hebels drückend, dieser drückende Stempel ist durch einen oder zwei Bügel an der kürzeren Holzsäule gehalten und so in seiner Bewegung zu einem immer regelmässig senkrechten Gang gezwungen. Der Ladende drückt den Hebel nieder, indem er sich an das Ende des längeren Armes, also vorn mit seiner ganzen Körperschwere anhängt. — Noch vortheilhafter und weniger ermüdend ist eine doppelte Hebelvorrichtung, wo ein Hebel, der, auf den die Kraft wirkt, unter dem Tische mit seinem längeren Ende hervorragend liegt. An dem kürzeren Schenkel des doppelarmigen Hebels, der, wenn die Kraft auf den längeren niederdrückend wirkt, aufwärts geht, ist eine starke senkrechte Stange beweglich befestigt, die auf den längeren Arm eines zweiten doppelarmigen Hebels, der über dem Tische von einer senkrechten Säule unterstützt steht, wirkt und ihn hebt. Dadurch wird der kürzere Arm des obern Hebels, woran sich der wirkende Stempel befindet, mit doppelter Kraft niedergedrückt. Hier tritt der Arbeiter auf den längeren Arm des unteren Hebels, wodurch seine Anstrengung auch geringer wird, die Hülse steht unten auf dem Tische auf und wird an ihrer senkrechten Stütze nur durch zwei leicht zu öffnende Bügel genau senkrecht gehalten. Der Hebel wird nach jedem Druck durch ein leichtes Gegengewicht von selbst in die frühere Stellung zurückgebracht.

Digitized by Google

Will man Röhren von stärkerem Durchmesser laden, so gehören stärkere Druckwerke dazu.

Beim Laden verfährt man wie folgt. Es werden zuerst zwei Portionen feiner Thonerde, die nach dem Zusammendrücken noch etwa $\frac{1}{2}''$ hoch bleiben, eingeschüttet, der längste Stempel eingesetzt und nun ein scharfer Druck gegeben, dann schüttet man gleiche Portionen Satz nach einander ein, soviel, dass jede nach dem Zusammenpressen eine Schicht von etwa $\frac{1}{3}$ Zoll beträgt, und giebt einen Druck. Je höher die Satzsäule wird, desto kürzere Stempel nimmt man. Soll die Hülse als Fontäne u. s. w., also nicht als Treibröhre wirken, so wird die Satzsäule bis oben herauf geführt. Soll sie dagegen zu einer Rakete, oder einer Treibröhre verwendet werden, so legt man oben auf die kürzer bleibende Satzsäule eine gleiche Schicht Thon wie unten. Wie man mit Bombenröhren u. s. w. zu verfahren habe, ist leicht zu entnehmen.

Das Abmessen der Satzportion ist umständlich, es verstäubt leicht Satz dabei. Es ist vortheilhafter die Portionen schon vorher auf die Weise zu bilden, dass man den Satz mit Weingeist anfeuchtet, und ihn mittelst Eindrücken in metallene durchlöcherte Platten in flache Scheiben vom Durchmesser der Hülse im Lichten formt. Man trocknet diese Scheiben, ladet sie dann einzeln als Portion in die Hülse und drückt jede einzeln zusammen. Die Arbeit ist leichter, reinlicher, und der Satz wird fester.

Bei dieser Druckmethode kann man füglich alle die Sätze zu bunten Flammen, die wir oben angegeben, ohne Gefahr in Hülsen laden. Selbst wenn sich eine entzünden sollte, würde sie ruhig und ohne Detonation ausbrennen.

Sollen die Hülsen zu Treibröhren dienen, so müssen sie, wie erwähnt, noch gebohrt werden. Das Bohren geschieht auf einer gewöhnlichen Drehbank. In das Futter setzt man den Bohrer ein, so dass er genau die Achse hält, statt des Keilstocks setzt man ein Lager ein, worauf die Hülse genau horizontal befestigt wird, und schiebt nun die Hülse allmälich gegen den Bohrer vor. An der Stange des Bohrers ist ein Zeichen gemacht, welches die Tiefe der Bohrung angiebt.

Digitized by Google

Der Bohrer ist am besten ein Löffelbohrer, wie er zum Ausbohren des Holzes angewendet wird. Was seine Stärke betrifft, so hat er am besten ½ des Durchmessers der Satzsäule, wenn die bisher üblichen Dimensionen für Raketen und Treibeöhren angewendet werden. Man bohrt so tief, als bei der alten Methode beim hohl zu laden der Dorn reichte. Bohrt man den Satz ganz durch, so muss der Hintertheil der Röhre sehr fest sein, sonst wird er herausgeworfen. Es darf aber nicht mehr Satz undurchbohrt bleiben, als die Satzwand am Mundloche dick ist. Man bestreicht den Bohrer etwas mit Talg, um die Gefahr beim Bohren zu verringern, auch sucht man ihn recht blank zu erhalten. Nach dem Bohren streut man etwas Mehlpulver in die Bohrung, bewegt die Hülse mit verschlossener Bohrung stark, damit sich das Mehlpulver rings um anlegt, schüttet das übrige aus und verklebt die Mündung mit einem Papierblatte, die mit heissem geschmolzenem Harz bestrichen ist. Nimmt man Kleister oder Leim, so saugt die Satzmasse die wässerigen Dämpfe ein und wird träger. So bewahrt man die geladenen Hülsen bis zum weitern Verbrauch auf. — Aehnlich werden Tourbillons, umlaufende Stäbe u. s. w., die zur Seite durch ein Loch in der Hülse angebohrt werden müssen, behandelt. —

Das Bohrwerk kann sehr wohl mit dem Mengecylinder in Verbindung gebracht werden, so dass ein Trittrad für beide ausreicht.

Erster Anhang: *Die Lustfeuerwerkerei betreffend.*

Nach dem, was wir oben im Allgemeinen vorlegten, was aber auch seine strengste Anwendung auf die Lustfeuerwerkerei findet, erleichtern sich die Vorarbeiten derselben, die bisher so sehr beschwerlich waren, um ein sehr Bedeutendes, und die im Obigen gegebenen Anweisungen zur bessern Bereitung der Treibesätze, so wie derer zur Erzeugung sehr schöner bunter Flammen, geben vielfache Mittel an die Hand, theils ganz neue, bisher noch nicht ausführbare, Feuerwerkskörper zu bilden, theils den bisher angewandten eine grössere Energie der Bewegung, theils sichereres Gelingen und

Digitized by Google

völlige Unabhängigkeit von den Einflüssen der Witterung zu geben.

Wir wollen nur auf einige neuere Veränderungen der Lustfeuerwerke, die aus Obigem hervorgehen können, hindeuten. Eine ausgedehnte Anwendung wird deren gewiss noch mehrere ergeben.

Die Raketen, denen man feurige Schweife aller Art durch Zusätze zum Treibsatz geben kann, — weiss durch Stahl oder weisses krystallinisches Gusseisen, grünlich durch Zink, roth durch Braunstein oder grobgestossene Kohle, gelb durch kohlensaures Natrum, — können Ausstösse erhalten, von 6 bis 8erlei scharf unterschiedenen Farben, so dass man entweder in jeder Rakete einen anders gefärbten, oder in eine Ausstossbüchse alle oder mehre Farben zugleich legen kann. Die Ausstösse selbst werden auf folgende Weise gebildet. Man nimmt eine leere Hülse, deren Ränder bloss über einander gelegt sind, ladet zwei Satzportionen unter starkem Druck, legt eine Scheibe Papier darauf, ladet wieder zwei Portionen, giebt wieder ein Papierblatt darüber und fährt so bis oben fort. Oeffnet man dann die Hülse, so lässt sich die Satzsäule herausschieben und leicht in kleine Cylinder zerbrechen, da das Papier den Zusammenhang unterbricht. Diese Cylinder werden für Bombenröhren abgerundet, für alle Ausstösse aber aus den Raketen, Erdwürfen, Bienenstöcken u. s. w. bleiben sie cylindrisch und werden nur äusserlich mit Anfeuerung bestrichen.

Eine andere sehr schöne Verzierung der Feuerwerke würden Fallschirmraketen mit kleinen bunten Kugeln geben. Die Vorrichtung hierzu ist sehr einfach. Man braucht nur in die Ausstossbüchse eine sehr geringe Ladung und auf diese eine Platte von Pappe zu legen, die man ringsum leicht an die Ausstossbüchse anklebt, auf diese bringt man den Schirm ein quadratisches Leinwandstück, an dessen 4 Zipfeln Bindfaden, befestigt, die an einem Ende alle mit einander verknüpft an eine Büchse befestigt sind, die mit einem bunten Satz geladen ist. Eine äussere Kommunikation führt vom Zehrsatz zum obern Theil der Büchse und zündet den Satz kurz ehe

Digitized by Google

der Ausstoss geschieht. Die brennende Büchse kommt nun in Schwankungen ziemlich langsam herab und hält die Aufmerksamkeit mehrere Sekunden gespannt. Um zu vermeiden, dass die Stäbe, die hier durch die Blechhülsen noch schwerer würden auf den Zuschauer fallen, wie diess bisher immer geschah, würde es zweckmässig sein, einen kleinen Fallschirm da am Stabe zu befestigen, wo der Schwerpunkt der ausgebrannten Hülse und des Stabes hinfällt. Dieser Schirm braucht nur sehr klein zu sein.

Es würde sich leicht machen lassen, die meisten Figuren, als Räder u. s. w., die bisher nur stehend abgebrannt wurden, mit Raketen zu verbinden, so dass sie erst von diesen in die Luft getragen würden, und im letztern Theile des Aufsteigens hoch über dem Zuschauer sich entzündeten.

In den Vauxhall-Feuerwerken steigt gewöhnlich zuletzt ein kleiner Luftballon, der hoch über dem Zuschauer tausende verschiedener Feuerwerkskörper und bunter Flammen ausstösst, die sich oben entfalten und eine der Girandola in Rom gleichkommende Schlussscene geben.

Eine sehr schöne Wirkung giebt es ferner, wenn man Röhren mit verschiedenen Sätzen bunter Flammen ladet und mehrere in gleicher Ordnung geladene neben einander abbrennt; der wiederholte Uebergang einer Farbe in die andere hält die Aufmerksamkeit fortdauernd rege. Bei Bombenröhren kann man noch die Veränderung anbringen, das Verbrennen mit einer Farbe, und die feurige Kugel mit einer andern machen zu lassen; diess kann in einer und derselben Röhre, mit gleicher oder ungleicher Abwechselung der Farben, geschehen.

Die bunten Weingeistflammen, die bisher noch gar nicht benutzt worden, haben einen magischen Effekt und werden als Verzierung der Hauptschlussscenen eine unvergleichliche Wirkung thun.

Auf eine Verbesserung beim Abbrennen von Feuerwerken möge hier noch hingedeutet werden. Das eigentlich Zauberische an den Wirkungen eines Feuerwerks ist das plötzliche Hervortreten der glänzenden Figur aus dem Dunkel der

Digitized by Google

Nacht, und eben so ihr Verlöschen und Verschwinden in die Finsterniss. Dieser Eindruck wird bei den bisherigen Feuerwerken, mit einziger Ausnahme der römischen, wo das Entzünden durch Kanonenschüsse Statt hat, völlig verfehlt. Die umherlaufenden Feuerwerker mit ihren Zündlichtern stören das tiefe Dunkel, und ihr Verweilen beim Suchen der Zündschnurenden leitet die Aufmerksamkeit schon lange vorher dahin, wo eine Figur erscheinen wird. Dies lässt sich sehr gut vermeiden, wenn man das Anzünden durch Reibung, Perkussion oder Schwefelsäure bewirkt. Die hierbei anzuwendende Substanz gaben wir schon oben an.

Die Zündschnuren versagen oft; es würde diess nicht geschehen, wenn man das zur Anfeurung bestimmte Mehlpulver mit Chlorkalipulver mengte. Für eine trägere Zündschnur, wo man doch vor dem Verlöschen sicher sein will, kann man sich des Chlorkalischwefels mit Vortheil bedienen.

Damit man während des Brennens der einen Figur sowohl das Gerüst, das sie trägt, als auch die andern noch abzubrennenden Figuren nicht sehen könne, müssen alle Theile schwarz angestrichen sein.

Beim Verlöschen einer Figur darf nichts nachglimmen. Diess wird grösstentheils schon durch die Einführung blecherner Hülsen vermieden. Die Röhren, worin die Zündschnuren laufen, sind dadurch unverbrennlich zu machen, dass man sie in eine Auflösung von Salmiak und Borax eintaucht. Auch ist es gut, sie von doppeltem Papier zu bereiten, und sie äusserlich, wenn alles fertig ist, mit schwarzer Oelfarbe zu bestreichen.

Zweiter Anhang: *Bunte Flammen zur Theater-Beleuchtung.*

Während des Druckes dieser Schrift stellte der Verfasser noch mehrere Versuche über diesen Gegenstand an, aus welchen sich ergab, dass folgende Mischungen dem Zwecke am besten entsprechen:

Weiss aus 85 Salpeterschwefel (3 Salpeter auf 1 Schwefel) und 15 Schiesspulver.

Digitized by Google

Roth aus 106 Theilen salpetersaurem Strontian *) auf 32 Theile Schwefel, dieser an sich unbrennbaren Mischung, setzt man so viel Chlorkalischwefel (4 Theile chlorsaures Kali zu 1 Theile Schwefel) zu, bis sie die für den bestimmten Zweck erforderliche Brenngeschwindigkeit hat. Gewöhnlich müssen auf 100 der ersteren Mischung 30 bis 35 der letzteren kommen.

Grün aus 130 Theilen salpetersaurem Baryt auf 32 Schwefel; man verfährt wie beim Strontiansatz, auch hier wird 30 bis 35 Theile Chlorkalischwefel für die gewöhnliche Scenenbeleuchtung der richtigste Zusatz sein.

Rosa, man mengt 50 Salpeterschwefel mit 50 Chlorkalischwefel, setzt dazu 8 Theile Schiesspulver und 25 Theile Kreide.

Blau, man mengt 50 Salpeterschwefel mit 50 Chlorkalischwefel und setzt dazu 20 Theile schwefelsaures Kali und 30 schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak.

*) Anmerkung. Der salpetersaure Strontian muss vollkommen wasserfrei sein.

Digitized by Google

Verbesserungen.

Seite	3	Zeile	10 u. 11	v. o. lies ihrer statt seiner
-	6	-	2	v. o. zwischen und u. es setze zwei
-	11	-	7	v. o. lies Sie statt Es
-	19	-	10	v. u. lies Bei statt Zu
-	—	-	5	v. u. lies Beim statt Zum
-	—	-	4	v. u. hinter Reibens lies dazu
-	20	-	10	v. u. lies unbrennbar statt verbrennbar
-	26	-	11	v. o. lies jemals statt niemals
-	27	-	8	v. o. lies zusetzen statt zersetzen
-	29	-	10	v. u. lies eben statt aber
-	43	-	4	v. u. hinter Sauerstoffgas lies in

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google